

TRABAJO DE FIN  
DE GRADO

Autora:  
Andrea Rebolledo Iglesias

Tutora:  
Alicia Alonso Carrillo

TFG-K2

Curso 2019-2020

E.T.S.A. Sevilla

LA  
**REHABILITACIÓN**  
DE LA VIVIENDA COLECTIVA  
EN CONDICIONES DE OBSOLESCENCIA  
MEDIANTE LA INTRODUCCIÓN DE  
SISTEMAS EFICIENTES





# ÍNDICE.

## PRÓLOGO

ABSTRACT. KEY WORDS.....	5
RESUMEN. PALABRAS CLAVE.....	7

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>9</b>
1.1. MOTIVACIÓN.....	13
<b>2. ESTADO DE LA CUESTIÓN.....</b>	<b>15</b>
<b>3. MARCO NORMATIVO.....</b>	<b>23</b>
3.1. DIRECTIVAS EUROPEAS.....	25
3.2. MARCO LEGAL NACIONAL.....	26
3.3. HERRAMIENTA DE EFICIENCIA ENERGÉTICA.....	28
<b>4. OBJETIVOS.....</b>	<b>29</b>
4.1. OBJETIVO PRINCIPAL.....	31
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	31
<b>5. METODOLOGÍA.....</b>	<b>33</b>
<b>6. CASO DE ESTUDIO.....</b>	<b>39</b>
6.1. ORÍGENES DE LA VIVIENDA SOCIAL Y LOS BARRIOS OBREROS DURANTE LA POSGUERRA.....	41
6.2. URBANISMO Y ARQUITECTURA DEL POLÍGONO DE SAN PABLO.....	49
6.3. SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO.....	53
6.3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS VIVIENDAS.....	57
6.3.2. ENVOLVENTE TÉRMICA.....	57
6.3.3. INSTALACIONES.....	63
<b>7. DESARROLLO - ANÁLISIS DE DATOS.....</b>	<b>65</b>
7.1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN ESTADO ACTUAL.....	67
7.1.1. CREACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA.....	67
7.1.2. CÁLCULO DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO.....	69

7.1.3. LOCALIZACIÓN DE DEFICIENCIAS.....	71
7.1.3.1. Localización de deficiencias energéticas....	71
7.1.3.2. Localización de deficiencias en la habitabilidad y autonomía de los habitantes.....	73
7.2. ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN.....	75
7.2.1. MEDIDAS PASIVAS.....	75
7.2.1.1. Mejora de vidrios y carpinterías.....	75
7.2.1.2. Mejora de muro de cerramiento.....	79
7.2.1.3. Mejora de cubierta.....	83
7.2.1.4. Mejora global de envolvente térmica.....	87
7.2.1.5. Mejora global de envolvente térmica y protecciones solares en la cubierta.....	91
7.2.1.6. Conclusiones medidas pasivas.....	96
7.2.2. MEDIDAS ACTIVAS.....	99
7.2.2.1. Mejora de la iluminación artificial.....	99
7.2.2.2. Producción eléctrica.....	103
7.2.2.3. Incorporación de sistema de aerotermia...	113
7.2.2.4. Mejora de la iluminación, producción fotovoltaica sobre pérgola y aerotermia...	121
7.2.2.5. Conclusiones medidas activas.....	125
7.2.3. MEJORA DE LAS CONDICIONES DE ACCESIBILIDAD.....	127
7.2.3.1. Núcleo de comunicaciones.....	127
7.3. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO REHABILITADO.....	131
<b>8. CONCLUSIONES.....</b>	<b>135</b>
<b>9. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>139</b>
<b>10. ÍNDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>147</b>
<b>11. ANEJO ENCUESTAS.....</b>	<b>157</b>

## ABSTRACT. KEY WORDS

In our cities there is a large stock of social housing built more than 50 years ago and in which whose tenants, normally elderly people, live in poor habitability and energy poverty. The main objective of this paper is to analyze the suitability of proposals for efficient systems to contribute to the energy rehabilitation of these homes, as well as to the improvement of the habitability and autonomy conditions of their inhabitants. A block in the neighbourhood of San Pablo in Seville will be used as a case study. As methods, computer tools will be used for the design of these systems, ensuring their architectural integration at all times, in addition to the use of surveys to assess habitability conditions. Results are expected to allow the intervention proposals to be assessed and to demonstrate the possibility of adapting an obsolete building to the energy and habitability demands of the 21st century.

Keywords: energy rehabilitation, social housing, energy efficiency, habitability, environmental comfort, efficient systems.



## RESUMEN. PALABRAS CLAVE.

En nuestras ciudades existe un gran parque de viviendas sociales construidas hace más de 50 años y en las que sus usuarios, frecuentemente personas mayores, viven en condiciones de habitabilidad deficientes y de pobreza energética. El objeto principal del trabajo es analizar la idoneidad de propuestas de sistemas eficientes para contribuir a la rehabilitación energética de esas viviendas, así como a la mejora de las condiciones de habitabilidad y de autonomía de sus habitantes. Se utilizará como caso de estudio un bloque de la barriada de San Pablo de Sevilla. Como métodos se utilizarán herramientas informáticas para el diseño de esos sistemas, asegurando en todo momento su integración arquitectónica, además de la utilización de encuestas de valoración de las condiciones de habitabilidad. Se esperan resultados que permitan valorar las propuestas de intervención y demostrar la posibilidad de adaptar un edificio obsoleto a las demandas energéticas y de habitabilidad del siglo XXI.

Palabras clave: rehabilitación energética, vivienda social, eficiencia energética, habitabilidad, confort ambiental, sistemas eficientes.

## AGRADECIMIENTOS.

Me gustaría agradecer el apoyo y la ayuda constante de Alicia Alonso Carrillo, tutora del trabajo, quien, con su gran interés y dedicación, ha impulsado el desarrollo de este trabajo y de mis conocimientos.

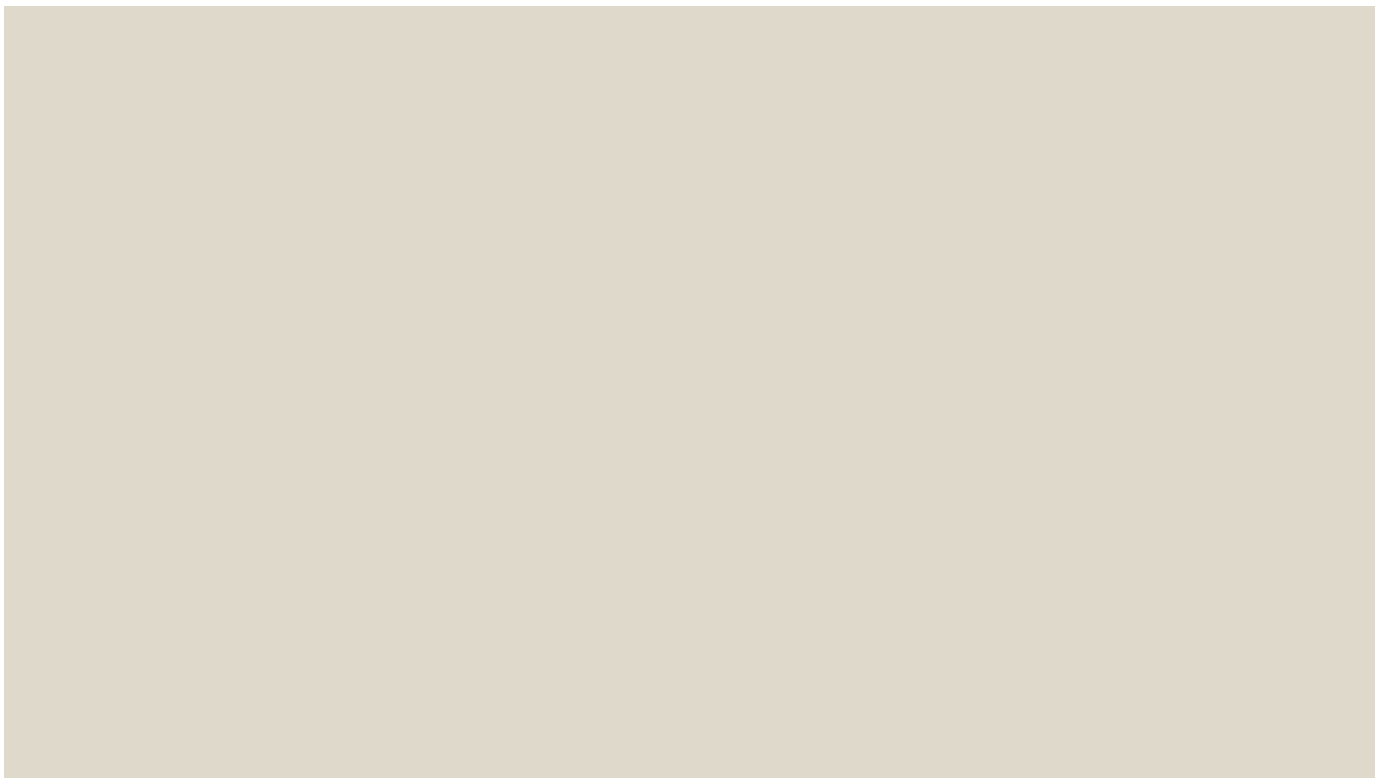
También me gustaría dar las gracias a todos los amigos, compañeros y profesores que he ido encontrando en la carrera, pues de alguna forma todo lo que he aprendido de ellos está presente en este trabajo.

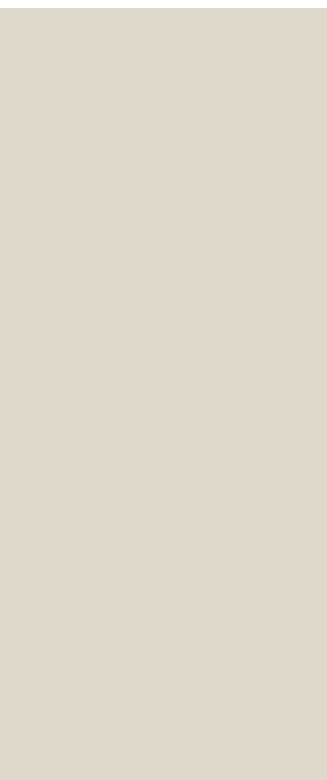
Por último, me gustaría agradecer a mi familia y amigos su apoyo y confianza en mí desde el primer día.



# 01

## INTRODUCCIÓN





El cambio climático es una realidad presente en nuestro día a día y dos de las principales causas que intensifican este problema son el consumo energético de los edificios y la emisión de gases de efecto invernadero a la atmósfera, generados por el consumo de combustibles fósiles o por la fuga de gases utilizados en los sistemas de climatización. Nuestra misión como arquitectos, miembros del sector de la construcción, es acabar con esta problemática apostando por un diseño de los edificios que disminuya la demanda energética, basado en principios bioclimáticos y soluciones pasivas, así como planteando estrategias de intervención de carácter activo que apuesten por la utilización de energías renovables y limiten el consumo de energías tradicionales. Con objeto de solventar esta problemática, durante los últimos años se han emitido una serie de normativas, acuerdos y protocolos.



A nivel Europeo destacan el Protocolo de Kioto y el acuerdo de París, cuyo principal fin es reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y luchar contra el calentamiento global. Del mismo modo habría que señalar las Directivas relativas a la Eficiencia Energética de los edificios (Directiva 2010/31/UE, Directiva 2012/27/UE, Directiva 2018/844/UE), las cuales tienen por objeto definir parámetros y actuaciones que frenen el cambio climático mediante la actuación en edificios nuevos y existentes.

La transposición nacional de las mencionadas Directivas Europeas de Eficiencia Energética de Edificios se ve reflejada en la publicación de un Real Decreto (RD 235/2013) por el que se aprueba el procedimiento básico de Certificación Energética de Edificios, exigible en todos los contratos de compraventa o arrendamiento; un Real Decreto (RD 314/2006) por el que se aprueba el marco normativo del Código Técnico de la Edificación (CTE), en el que se exponen las exigencias básicas de salubridad y habitabilidad que deben cumplir los edificios, y entre las que se encuentran las exigencias de Ahorro de Energía (HE); así como un Real Decreto (RD 1027/2007) por el que se presentan las Exigencias de Eficiencia Energética de las Instalaciones Térmicas en edificios.

A nivel autonómico se presenta el Decreto Ley (DL 1/2014) que regula el Impulso a la Construcción Sostenible en Andalucía.

En relación al envejecimiento del parque edificatorio, según los datos registrados por el Instituto Nacional de Estadística (INE, 2011), España cuenta con casi 10 millones de edificios de tipo residencial plurifamiliar, donde un 40% posee más de 50 años de antigüedad (fig. 01). Cabe destacar que casi un 11% de los edificios destinados a viviendas fueron construidos en la década de 1960 siendo la mayoría erigidos para solventar la necesidad de vivienda social en condiciones de habitabilidad mínima y eficiencia energética inexistente (fig. 02).



Según los datos proporcionados anteriormente, una parte importante del parque residencial se construyó en un contexto y una época carente de normativas reguladoras desde el punto de vista energético, puesto que no fue hasta el año 1979 cuando se aprueba un Real Decreto (RD 2426/1979) sobre condiciones térmicas de los edificios. En consecuencia, los sistemas constructivos utilizados, lejos de los requisitos de la nueva construcción y las demandas energéticas actuales, no disponían de aislamiento térmico, siendo insuficiente para lograr unas condiciones de confort ambiental.

Dado el perfil y la condición social y económica de los usuarios, los hábitos de uso de la energía son muy limitados en este tipo de vivienda. Según el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDEA, 2018), los edificios de tipo residencial en España presentan, en términos de energía final, cerca de un 18% del consumo total (fig. 03). Este porcentaje se ve incrementado cada año debido al aumento en el número de viviendas así como a la aparición de nuevos requerimientos de confort de los usuarios. Es por este motivo que, en la actualidad, un gran porcentaje de estos edificios, habitados en su mayoría por usuarios de avanzada (Gómez, 2015), presentan una problemática significativa dado que sus condiciones de habitabilidad y accesibilidad son deficientes, lo que promueve la redacción de una Ley (LRJSP 8/2013) por la que los edificios con más de 50 años de antigüedad deben resolver dichos problemas mediante una propuesta de soluciones.

Este trabajo pretende actuar en ese gran parque residencial construido hace más de 50 años para analizar la posibilidad de adaptación de un edificio obsoleto desde el punto de vista energético, a las demandas del siglo XXI, valorando la adecuación de distintos tipos de estrategias para la rehabilitación energética, y para la mejora de las condiciones de autonomía de los usuarios.

Se utilizará como caso de estudio del trabajo un edificio residencial de la barriada de San Pablo en Sevilla, construida en 1961, en el que se plantearán soluciones que mejoren el comportamiento energético, así como las condiciones de accesibilidad y habitabilidad, mediante la integración de sistemas eficientes.

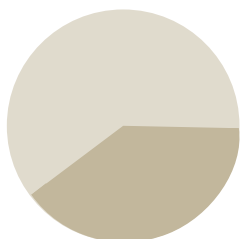


Fig. 01: Porcentaje de edificios con más de 50 años de antigüedad.  
Fuente: Elaboración propia.

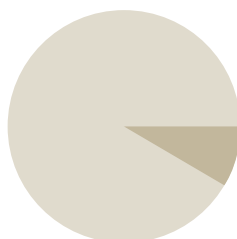


Fig. 02: Porcentaje de edificios con más de 50 años y vivienda social.  
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 03: Porcentaje de Consumo de Energía Final de edificios con más de 50 años.  
Fuente: Elaboración propia.

## 1.1. MOTIVACIÓN

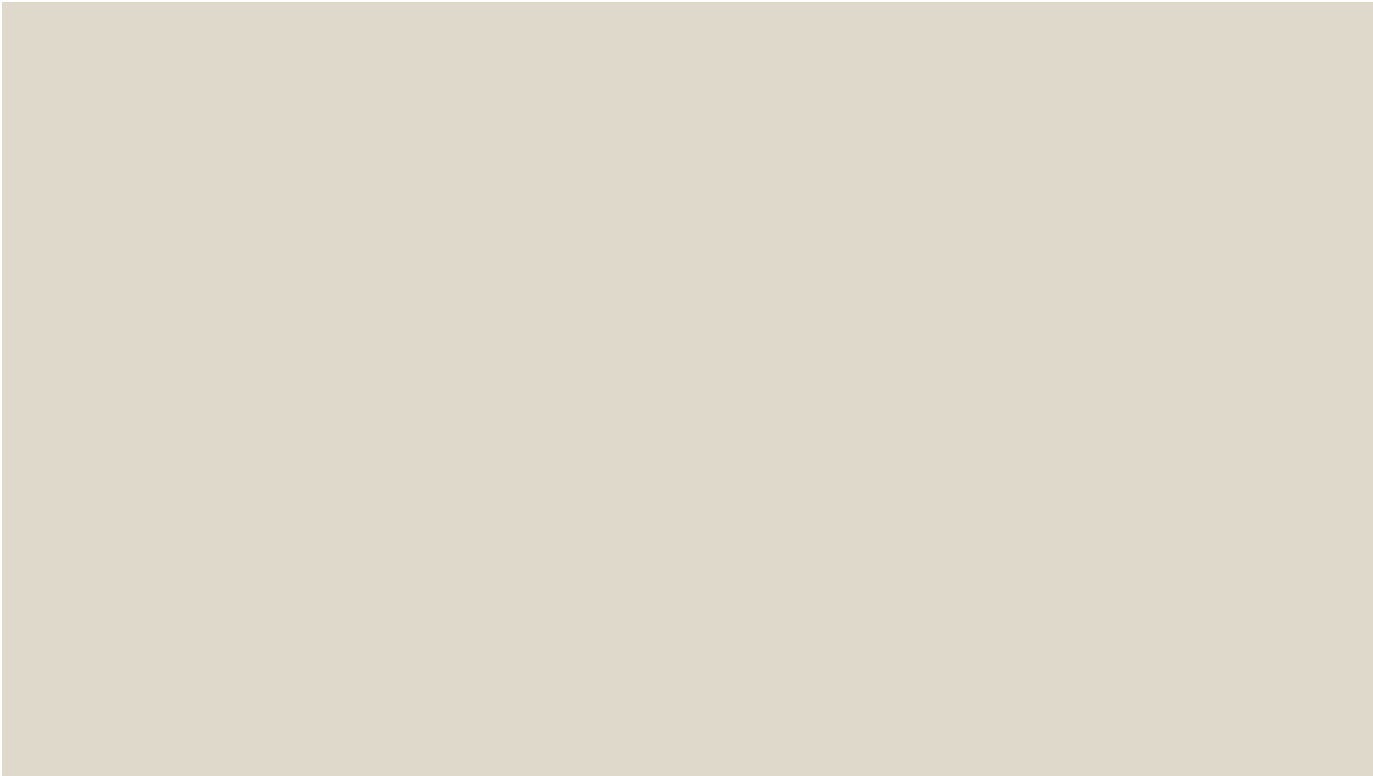
La reducción de la demanda energética y, por consiguiente, de las emisiones de CO<sub>2</sub> es uno de los principales retos que se presenta en el sector de la construcción. Los edificios de nueva planta cuentan ya con diversas normativas que regulan las condiciones de eficiencia energética y los términos de consumo cero o casi nulo están a la orden del día. Sin embargo, debemos entender que existe un gran número de viviendas pertenecientes al gran parque residencial construido hace más de 50 años, anteriores a la normativa NBE-CT-79 (RD 2426/1979), por lo que ante la carencia absoluta de exigencias térmicas, se encuentra en profundas condiciones de pobreza energética. A la vista de resultados recogidos y según fuentes recogidas en el Proyecto RehEnergía (Proyecto RehEnergía), la rehabilitación energética debería tener mayor presencia en el parque edificatorio, ya que puede suponer hasta un 40 % del ahorro energético.

Desde mi posición como estudiante y perteneciente a una nueva generación de arquitectos, he optado por afrontar el reto de adaptar un edificio antiguo a una construcción más sostenible mediante la realización de un trabajo de rehabilitación energética sobre un caso de estudio real, que permita aumentar mis conocimientos sobre eficiencia, además de mostrar la posibilidad de acondicionar un edificio cuya vida útil ha sido sobrepasada y que se encuentra en condiciones de obsolescencia energética, a las demandas éticas de nuestros días.



# 02

## ESTADO DE LA CUESTIÓN







La rehabilitación de edificios plurifamiliares obsoletos desde el punto de vista energético no es algo nuevo, numerosos son los artículos científicos, proyectos de investigación, tesis doctorales y Trabajos de Fin de Grado que tratan este tema. Las intervenciones para incrementar la eficiencia energética de los edificios con más de 50 años de antigüedad suponen una doble vertiente, por un lado la necesidad de limitar la demanda y el consumo energético a los niveles establecidos en los documentos normativos actuales y, por otro lado, la importancia de mejorar las condiciones de habitabilidad y adecuar la accesibilidad de las viviendas, garantizando la autonomía y seguridad de los usuarios. Este apartado del trabajo pretende mostrar los principales estudios y líneas de investigación que se han realizado hasta el momento sobre las propuestas de mejora de edificios plurifamiliares, tanto desde un enfoque de rehabilitación energética como de mejora de las condiciones de vida de sus ocupantes.

### **Rehabilitación energética como estrategia de regeneración urbana**

Una de las primeras líneas de investigación a destacar, sería la que muestra la rehabilitación energética de los edificios plurifamiliares como una estrategia de reactivación de barrios que presentan cierto grado de obsolescencia. Así bien, cabría destacar varios estudios realizados:

- En el artículo científico publicado por (Martín y Montero, 2014) se muestra cómo el 10% de las viviendas en nuestro país se encuentran en condiciones inhumanas de confort térmico y habitacional muy deficientes (lo que alcanza a 4 millones de personas), ya que no pueden hacer frente al precio de las facturas generadas por los consumos eléctricos derivados de la elevada demanda energética. De este modo, el artículo muestra cuáles son los cuatro puntos principales que hacen que en España haya tantos hogares en situación de pobreza energética como son: la renta familiar, los precios ascendentes de la energía, la ineficiencia energética de las viviendas (muestra como en 90% del parque residencial español está construido antes de la aprobación del CTE y el 60%, anterior a la NBE-CT-79), así como el desconocimiento por parte de los usuarios del uso que pueden realizar de la energía. Este término de pobreza energética implica una traducción en la degradación de los barrios, ya que el estudio sostiene que las condiciones de habitabilidad y confort de los usuarios en sus viviendas se reflejan en los barrios y, por lo tanto, en la ciudad. Es necesaria la actuación de rehabilitación inmediata e integral en barrios con estas características, para recuperar el valor que les pertenece y crear un nuevo modelo de ciudad más sostenible.

Se estudia las actuaciones de rehabilitación energética en edificios de

diversos barrios del territorio español y en todos ellos se puede apreciar una disminución en los gastos mensuales de las familias (fig. 04), facilitándoles la posibilidad de hacer frente a otro abanico de posibilidades económicas, aumentar el confort de los usuarios, y mejorar la salud, tanto física como mental. Todo ello, a su vez, implica una mejora de la productividad para los usuarios que son trabajadores en activo, además de un aumento en el valor económico del inmueble.

### TABLA Nº 1 AHORROS PREVISTOS EN CONSUMO DE ENERGÍA

Ahorros totales obtenidos correlacionado el consumo en energía primaria de las instalaciones, equipos y electrodomésticos con los ahorros esperados al adoptar distintas estrategias de eficiencia energética

CONSUMO ENERGÉTICO MEDIO POR VIVIENDA		POSIBLES AHORROS PARCIALES		VALORACIÓN EN EL TOTAL
Climatización	32,90%(*)	Aislamiento de muros y cubiertas	27,50%	17,325%
		Carpintería y vidrios	25,00%	
		Total	52,50%	
Iluminación	5,30 %	Sistemas de bajo consumo	25,00%	1,325%
Cocina	8,20 %		-	-
Electrodomésticos	27,40%	Eficiencia energética	10,00%	2,74%
Agua caliente	17,90%	Placas solares	50,00%	8,95%
Agua (transporte)	1,00%	Ahorro consumo griferías	20,00%	0,20%

Fig. 04: Ahorros previstos en consumo de energía.  
Fuente: Revista BIA.

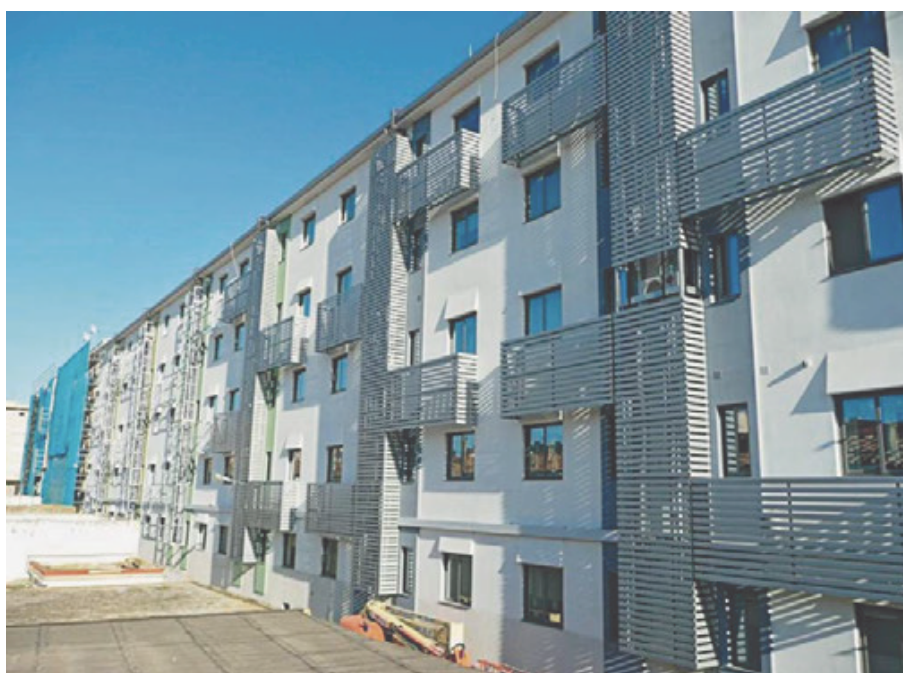


Fig. 05: Viviendas "Los 100 pisos" en Tudela, Navarra.  
Fuente: Revista BIA.

- Otro de los proyectos de investigación a destacar y que se enmarca en esta línea es {Re}Programa (Barrios et al, 2015). Este proyecto, desarrollado mayoritariamente por investigadores de la Universidad de Sevilla (US), está enfocado principalmente a la regeneración, reciclaje y rehabilitación integral de edificios y entornos urbanos con más de 50 años de antigüedad, en los que se presenten condiciones de vulnerabilidad de los habitantes, tanto sociales como económicas, así como un gran porcentaje de población envejecida.

El proyecto pretende generar una serie de estrategias y herramientas que permitan costear los gastos derivados de una rehabilitación y otorgar de mayor dignidad y disfrute a los barrios, actuando sobre las viviendas, los edificios y el entorno urbano. La colaboración de profesionales de diferentes ámbitos, como arquitectura, psicología y trabajo social, derecho o ingeniería, en el presente estudio, tiene por objeto dotar a los espacios de unas características que ayuden a mantener una vida activa y plena a su población envejecida. De esta manera, se trata de disponer soluciones en diferentes ámbitos para que este tipo de población pueda seguir disfrutando del entorno urbano, de su edificio y de su vivienda.

Las primeras etapas de la metodología llevada a cabo en esta investigación se centran en conocer la situación económica de los habitantes y establecer modelos de financiación, determinar cuáles son las necesidades y deseos que presentan y analizar indicadores de mejora de la calidad de vida de los mayores.

Las actuaciones acaecidas en estos barrios pretenden proponer soluciones que garanticen las exigencias mínimas de accesibilidad a las viviendas, integrando siempre un ascensor, disponiendo de elementos que doten de aislamiento térmico a la envolvente, como un sistema SATE, reubicando elementos exteriores de instalaciones en cubiertas o sótanos y mejorando las condiciones urbanas de los barrios.



a) Estado actual



b) Estado rehabilitado

Fig. 06: Núcleo Residencial Coronel Ruiz de Toledo (Sevilla)  
Fuente: Re{Programa}

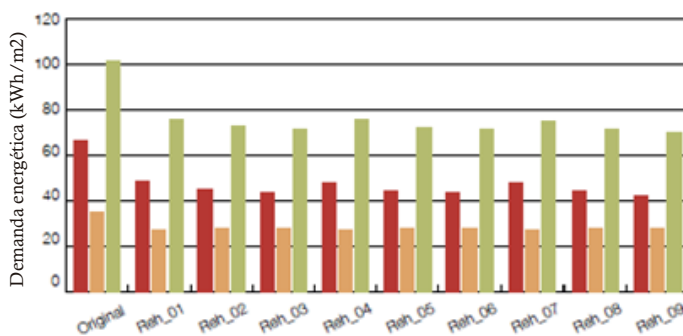
- Por último, en relación a esta línea de investigación destacaríamos el proyecto re-HABITAR (Proyecto re-HABITAR). Trata de una labor de rehabilitación para la conservación patrimonial en la barriada de El Carmen (fig. 07), cuyos edificios pertenecen a la década de 1950 y se enmarcan dentro de los principios de la arquitectura del Movimiento Moderno. La función principal de este proyecto es localizar los diferentes ámbitos en lo que el barrio se encuentra obsoleto y responder de forma responsable con el patrimonio que éste representa.

En relación al comportamiento energético de los edificios se realizan varios estudios en los que se comprueba que la calificación energética, así como las emisiones de CO<sub>2</sub>, están muy lejos de las exigencias actuales. Se realizan estudios del comportamiento actual de dos tipos de edificios, uno cuenta con tipología lineal y otro en torre, en los que se realizan ensayos de permeabilidad al aire de la envolvente, además se estudia su caracterización energética y constructiva y se reproducen modelos de simulación en los que se evaluará la capacidad de mejora de la edificación mediante la incorporación de diferentes propuestas de rehabilitación energética, siempre compatibles con el valor patrimonial del conjunto. Se proponen y analizan 9 estrategias acometidas en la envolvente del edificio que permitirá evaluar la reducción anual de la demanda energética global (hasta el 27%) y de las emisiones de CO<sub>2</sub> (hasta un 21%), así como las condiciones de habitabilidad y confort de las viviendas. En el gráfico de la fig. 08 se muestra la reducción acometida para el bloque con tipología lineal.



Fig. 07: El Carmen como paisaje histórico urbano de Sevilla.  
Fuente: Proyecto re-HABITAR

Fig. 08: : Demandas energéticas del modelo bloque lineal según propuestas de rehabilitación  
Fuente: Proyecto re-HABITAR



### Soluciones Pasivas para la rehabilitación energética de edificios

Otra de las líneas de investigación que resulta de interés mencionar es la incorporación de estrategias pasivas en la envolvente de los edificios, con el fin de reducir la demanda de energía. Dentro de esta línea se enmarcarían:

- Uno de los artículos científicos a destacar sería la investigación desarrollada por (Domínguez, Sendra, León y Esquivias, 2012). La finalidad principal de este estudio es demostrar la posibilidad de reducir la demanda energética mediante la actuación en la envolvente del edificio, considerando envolvente como cubierta, fachada y ventanas. Asimismo, se expone una reflexión sobre la demanda y el consumo de energía del gran parque de viviendas construidas en la primera década del siglo XXI.

El caso de estudio utilizado en este trabajo es un bloque de viviendas localizado en Sevilla, construido en 2004, antes de la publicación del Código Técnico de la Edificación (CTE). El análisis desarrollado permite determinar que el comportamiento energético del edificio no es adecuado y las soluciones constructivas son ineficientes, por lo que la envolvente cuenta con una gran capacidad de mejora.

Este artículo, además, se centra en dotar a las edificaciones de soluciones pasivas de la envolvente, que permitan reducir la demanda de energía de los edificios. Se proponen siete sistemas diferentes de fachadas, cada uno con un comportamiento, masa e inercia térmica diferente, donde se estudia cada una de ellas mediante programas de simulación. Lo mismo se realiza para la cubierta y los huecos de ventana. El desarrollo de la investigación demuestra la posibilidad de obtener una importante mejora de las condiciones energéticas. Tras analizar todas las actuaciones se determina que sería posible alcanzar una reducción cercana al 30% de la demanda total de energía del edificio, así como una mejora del ambiente interior gracias a las intervenciones realizadas en la envolvente térmica, sin la necesidad de incorporar sistemas de HVAC.

- Otro proyecto relacionado con la línea de investigación seguida en este trabajo es Eficacia (Sendra et al. 2011), cuyo desarrollo trata de demostrar que es posible la reducción de la demanda energética mediante la incorporación de protecciones solares en las viviendas públicas localizadas en el sur de España.

- Cabe destacar la publicación llevada a cabo por (León, Domínguez, Campano y Ramírez 2012), derivada de la difusión de resultados del proyecto de investigación Eficacia. Como objetivo de estudio se dispone un edificio localizado en Sevilla en el que, en primer lugar, se monitorizan las viviendas durante 18 meses para obtener condiciones reales de ocupación. En segundo lugar, se analiza la reducción de la

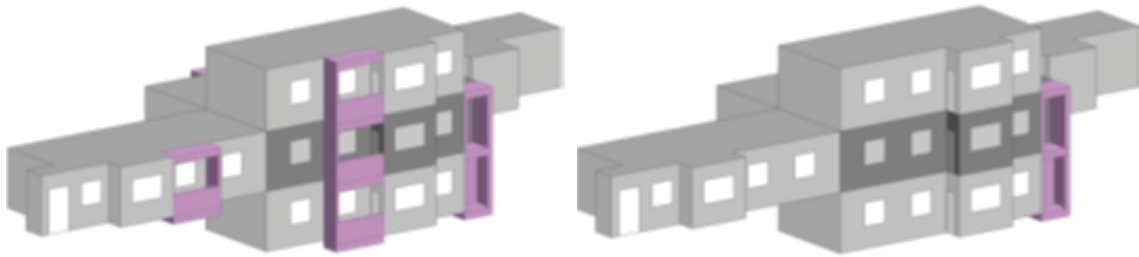


Fig. 09: Modificación del cerramiento para reducir la demanda energética.  
Fuente: Reducing the Energy Demand of Multi-Dwelling Units in a Mediterranean Climate Using Solar Protection Elements

demanda energética a través de la incorporación de sistemas pasivos que modifican el cerramiento del edificio. La última fase está enfocada a la optimización de la geometría de las protecciones solares.

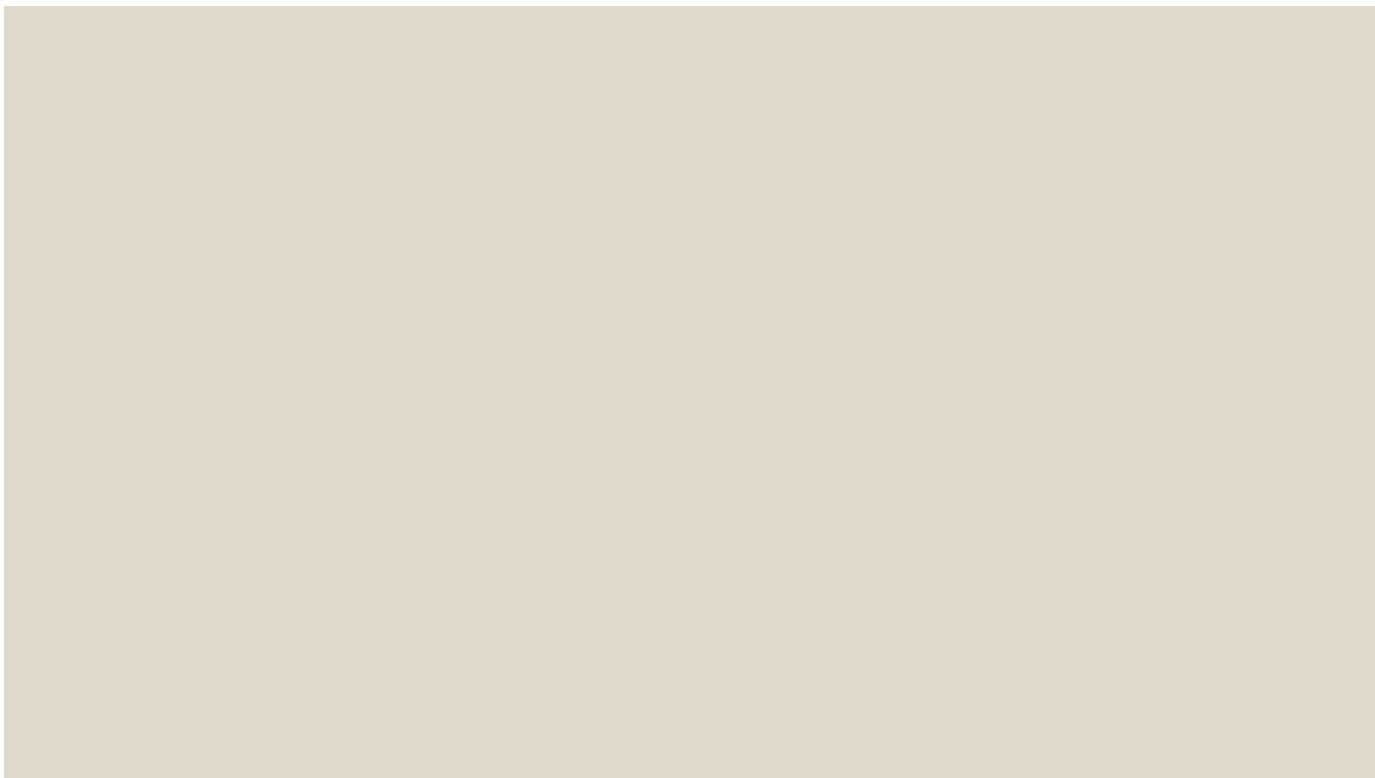
Tras la realización del estudio se obtienen una serie de resultados que ponen de manifiesto la influencia en la reducción de la demanda energética gracias a la incorporación de sistemas de protección solar, tales como voladizos, lamas verticales, lamas horizontales o persianas. Se muestra por tanto una reducción significativa de la demanda energética total con este tipo de soluciones.

- Otro de los artículos científicos de referencia para este estudio es el realizado por (Suárez y Fragoso, 2015) en el que se estudia la influencia en la demanda de energía y las emisiones de CO<sub>2</sub> de determinadas soluciones pasivas en la rehabilitación energética de un edificio plurifamiliar ubicado en la zona climática mediterránea. Así bien, se propone actuar mediante 5 estrategias, las cuales se analizan por separado y formando combinaciones, para demostrar el grado de influencia de cada una de ellas en la rehabilitación. Las estrategias llevadas a cabo son: la compactidad, que demuestra que su aumento disminuye la demanda del edificio; la materialidad de la envolvente, principalmente relacionada con la demanda de calefacción y refrigeración; el control solar, mediante protecciones móviles, que garanticen un adecuado funcionamiento en verano e invierno; la acumulación solar mediante elementos construidos en la envolvente del edificio ayuda a incrementar la inercia térmica del edificio; y la ventilación, actuando sobre los vidrios y carpinterías para reducir infiltraciones y la tasa de ventilación.

Todas las actuaciones, bastantes accesibles desde el punto de vista de ejecución, trabajando de forma aislada o conjunta, presentan una reducción significativa en la demanda energética y emisiones de CO<sub>2</sub>, además estas soluciones mantienen las condiciones interiores de confort térmico en las viviendas.

# 03

## MARCO NORMATIVO







### 3.1. DIRECTIVAS EUROPEAS

La Unión Europea establece una serie de directivas con gran impacto ambiental, cuyo objetivo principal es mitigar las emisiones de carbono de los edificios y las emisiones de CO<sub>2</sub>, garantizando el cumplimiento del Acuerdo de París (Acuerdo de París, 2015), firmado en diciembre de 2015.

Estas Directivas establecen diversos requisitos necesarios y obligatorios para los estados miembros, a los cuales se les permite desarrollar leyes de carácter nacional con el fin de alcanzar los objetivos determinados para el 2020 (Comisión Europea, 2020).

Entre las Directivas Europeas encontramos:

- Directiva 93/76/CEE (Directiva 93/76/CEE), cuyo objetivo es limitar las emisiones de CO<sub>2</sub> mediante la mejora de la calificación energética de los edificios. Esta ley se aprueba en 1993 y acomete directamente a los edificios, aparece el documento denominado certificación energética.

- Directiva 2010/31/UE (Directiva 2010/31/UE del parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo de 2010, relativa a la eficiencia energética de los edificios). Eficiencia energética de los edificios, cuyo objetivo es profundizar en aspectos que tienen que ver con el cálculo de la eficiencia energética de los edificios. En esta Directiva se definen los parámetros mínimos a implantar en dicho cálculo, referidos a capacidad térmica, aislamiento, calefacción pasiva, elementos de refrigeración y puentes térmicos.

- Directiva 2012/27/UE (Directiva 2012/27/UE del parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre de 2012, relativa a la eficiencia energética). Eficiencia energética, cuyo objetivo es incrementar la eficiencia energética en la Unión Europea para intentar lograr los objetivos elaborados en el año 2007, hacia el logro de ahorrar un 20% en el consumo de energía.

- Directiva 2018/844/UE (Directiva 2018/844/UE del parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, sobre eficiencia energética). Eficiencia energética de los edificios, modifica las Directivas 2010/31/UE y la Directiva 2012/27/UE. El objetivo principal de esta Directiva es aligerar el proceso de renovación de los edificios existentes, introduciendo sistemas de control y automatización de edificios.

Los efectos de estas Directivas se traducen en una mejora de la calificación energética, la reducción de las emisiones de dióxido de carbono, así como la aplicación de la reducción de consumo de energía a edificios existentes, todo ello con el fin de conseguir el cumplimiento del objetivo 20-20-20 antes de la finalización del año 2020, así como para definir edificios de consumo casi nulo (ECCN).

### 3.2. MARCO LEGAL NACIONAL

En España, la transposición nacional de las Directivas Europeas se traduce en:

- Real Decreto 235/2013 (RD 235/2013). Procedimiento básico CEE edificios nuevos y existentes, cuyo objetivo es intensificar la certificación energética de los edificios mediante su exigencia en procedimientos de compraventa o alquiler de la totalidad de un edificio o parte de él, así como la construcción de nuevos edificios.

- Real Decreto 314/2006 (RD 314/2006). Código Técnico de la Edificación. Exigencias Básicas de Ahorro Energético (HE), cuyo objetivo principal es lograr un uso justo de energía, limitando el consumo sostenible e incrementando la procedencia de energías renovables, así como la integración de edificios de consumo de energía casi nulo. Se actualiza en 2019 mediante el RD 732/2019 (RD 732/2019), que afecta a las condiciones de las instalaciones de iluminación y la procedencia de la energía renovable utilizada en el edificio.

- Referido al CTE-HE 2019, contamos con seis apartados que intentan establecer unas condiciones de consumo y demanda máximos con un rendimiento mínimo para los edificios.

- La aparición del HE0 (CTE, 2006), introducido en 2013, cuyo objetivo principal es limitar el consumo energético de los edificios en función de su ubicación y por consiguiente la zona climática a la que pertenezca, el uso del edificio y, cuando se refiera a edificios existentes, el nivel que alcance la rehabilitación. Este consumo se deberá proveer en mayor medida de energías renovables.

- Las exigencias establecidas en el HE1 (CTE, 2006), referidas a condiciones para el control de la demanda energética, se pretende disponer a los edificios de una envolvente cuyas características térmicas limiten la necesidad de la utilización de energías primarias. En 2019 se presenta la actualización referente al cálculo de parámetros característicos de la envolvente.

- Real Decreto 1027/2007 Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (RITE) (RD 1027/2007). Exigencias de Eficiencia Energética (EE) de Instalaciones Térmicas en los edificios, aparece como una medida de desarrollo del Plan de acción de la estrategia de ahorro y eficiencia energética en España cuyo objetivo es regular las exigencias de la EE, fomentar el uso de energías renovables y garantizar la seguridad de las instalaciones térmicas de los edificios.

- Real Decreto Legislativo 7/2015 (RDL 7/2015), de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación

Urbana. Esta ley tiene por objeto impulsar la renovación o rehabilitación de los edificios y tejidos urbanos existentes con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes, disfrutando de una vivienda digna, así como desarrollar un urbanismo sostenible, competitivo y eficiente.

- Decreto-ley 1/2014 (DL 1/2014), de 18 de marzo, por el que se regula el programa de Impulso a la Construcción Sostenible en Andalucía. Esta ley, redactada por la autonomía andaluza, tiene por objeto incentivar la rehabilitación energética de la vivienda para minimizar el gran consumo energético desarrollado por el parque edificatorio y generar nuevos puestos de trabajo.

### 3.3. HERRAMIENTA DE VERIFICACIÓN ENERGÉTICA

El cálculo de la certificación energética ha derivado en el desarrollo de herramientas informáticas que permiten, de una forma sencilla y fiable, verificar los diferentes aspectos de los edificios que influyen en el proceso de certificación en una situación de permanente avance técnico e innovación producida en el sector de la edificación.

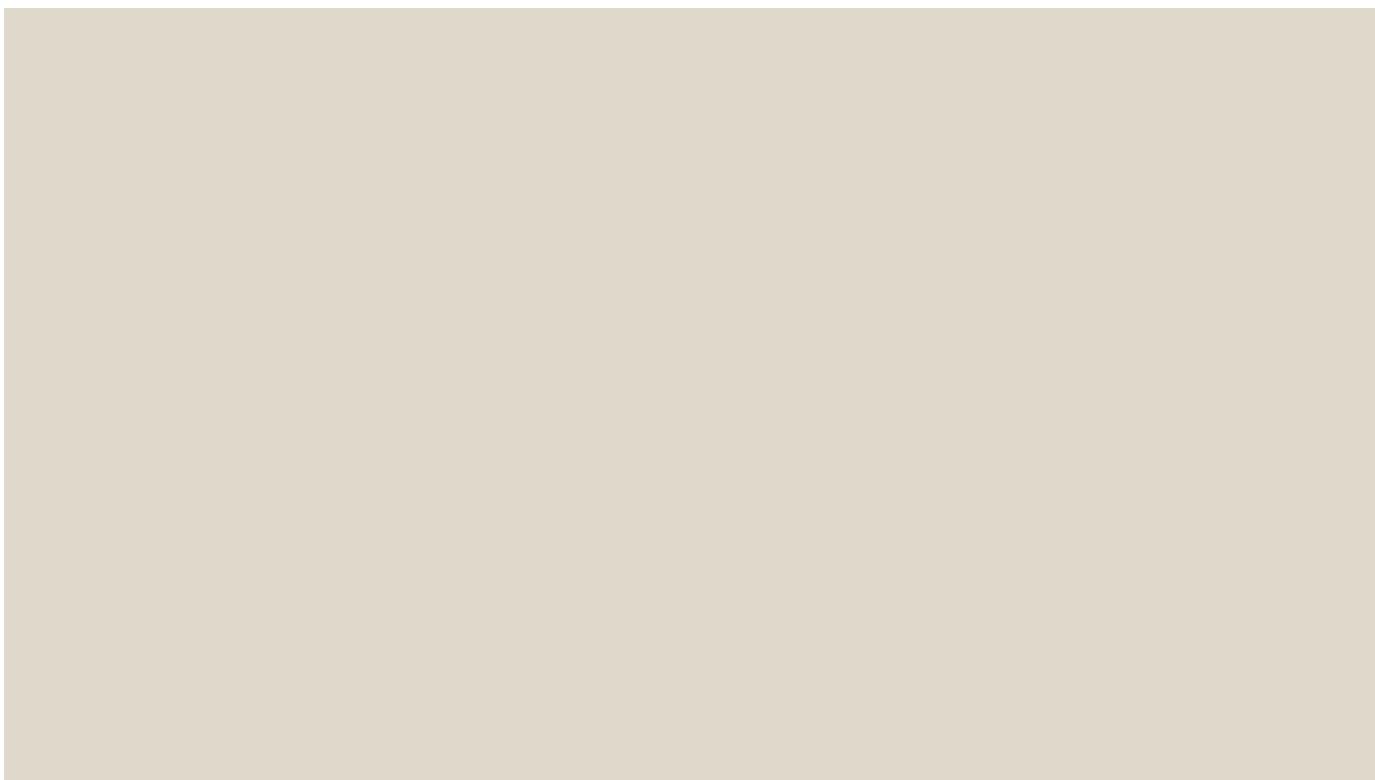
Hoy en día encontramos diferentes programas oficiales para el cálculo de estas certificaciones, entre los que podemos destacar *SG SAVE*, *HULC*, *Cerma* y *CE3X*.

En esta investigación se ha optado por la utilización del software *SG SAVE* (2020), un programa reconocido para la certificación energética, así como estudios de demanda y consumo de los edificios. Está desarrollado por el Departamento de Energía de Estados Unidos (DOE). Trabaja con *EnergyPlus*, el motor de cálculo más avanzado en la actualidad en cuanto a simulación térmica se refiere. Se ha elegido este programa para la realización del siguiente trabajo debido a diversos factores, entre los cuales cabe destacar: la incorporación en la herramienta de la verificación de las exigencias DB HE0 y HE1, la posibilidad de construir un modelo del edificio mediante un procedimiento sencillo utilizando el software de modelado tridimensional *SketchUp*, lo que facilita su ejecución, y además por la facilidad de importación de edificios modelados con metodologías BIM como el software *Revit*.

Otros de los programas destacados que cabe mencionar son: la Herramienta Unificada Lider Calener (*HULC*, 2020) que permite la calificación de edificios de todos los usos, así como la demanda y el consumo energético; *Cerma* (2017), un software que realiza la certificación energética de edificios nuevos y existentes con carácter residencial únicamente; y el programa *CE3X* (2020) permite una calificación simplificada de edificios existentes.

# 04

## OBJETIVOS





#### 4.1. OBJETIVO PRINCIPAL

El objetivo principal del presente trabajo es establecer las actuaciones mínimas necesarias para adaptar un edificio residencial plurifamiliar a las demandas energéticas actuales, evaluando el impacto y la idoneidad de diferentes estrategias pasivas y activas para la rehabilitación e impulso de la eficiencia energética, así como para la mejora de las condiciones de confort, accesibilidad y autonomía de sus habitantes. Asimismo, se trata de fomentar el desarrollo de actuaciones en la vivienda social mediante propuestas basadas en sistemas eficientes que garanticen un adecuado comportamiento energético.

#### 4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para lograr el objetivo principal de la investigación se plantean varios objetivos específicos cuyo cumplimiento permite el progreso y desarrollo del presente trabajo:

-Caracterizar el caso de estudio seleccionado identificando la planimetría de las viviendas y determinando la composición de la envolvente térmica (cerramientos opacos, huecos y puentes térmicos) del edificio.

-Reconocer, mediante encuestas, las necesidades de los habitantes en cuanto a las condiciones de habitabilidad y confort, así como conocer el uso que hacen de la energía y el patrón de comportamiento. Se pretende además valorar las condiciones de accesibilidad a las viviendas.

-Identificar y analizar, mediante el uso de herramientas de simulación, las deficiencias que supongan pérdidas o ganancias de energía que deterioren el comportamiento y la calificación energética de las viviendas, así como la situación de confort.

-Integrar elementos, actuaciones y estrategias que mejoren la accesibilidad de las personas a sus viviendas.

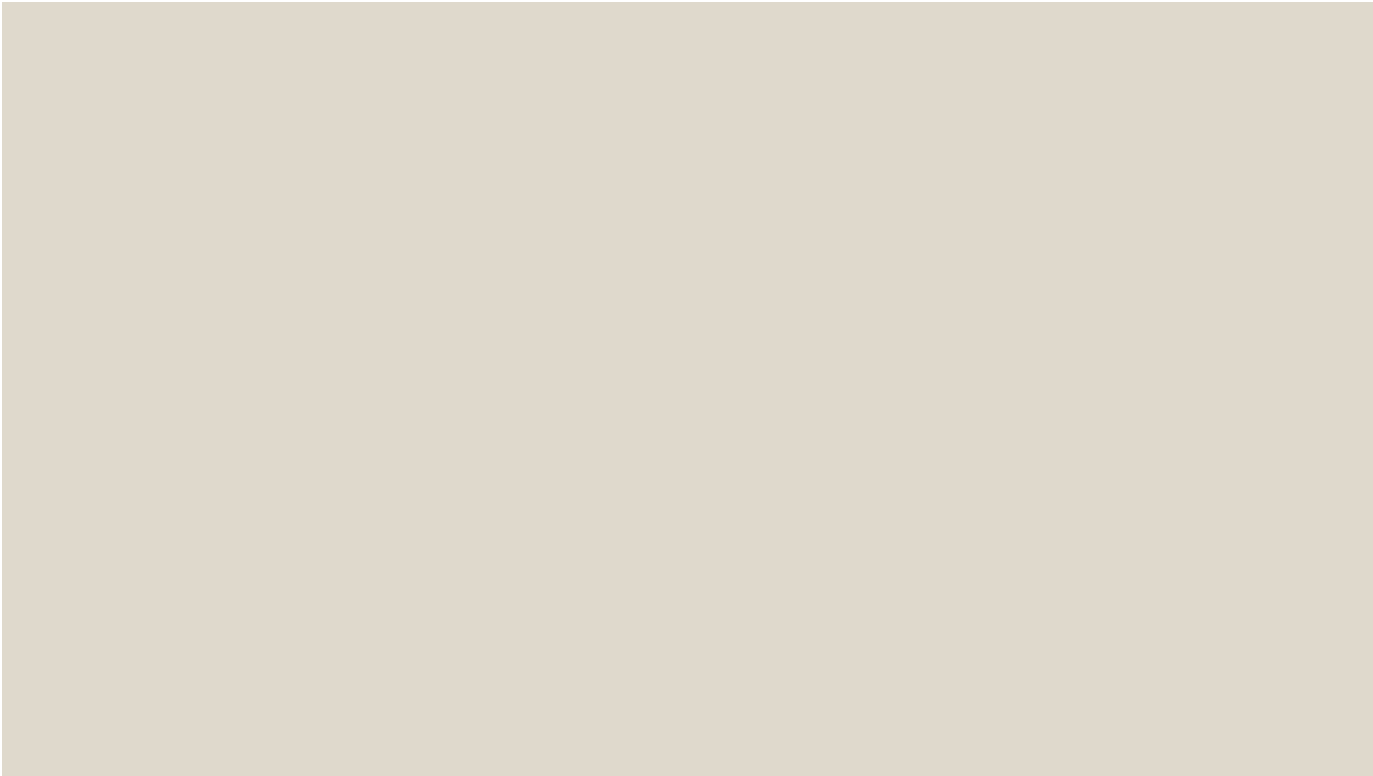
-Proponer sistemas activos y pasivos que garanticen una mejora de la eficiencia energética del edificio y analizar su impacto y eficacia mediante el uso de herramientas de simulación.

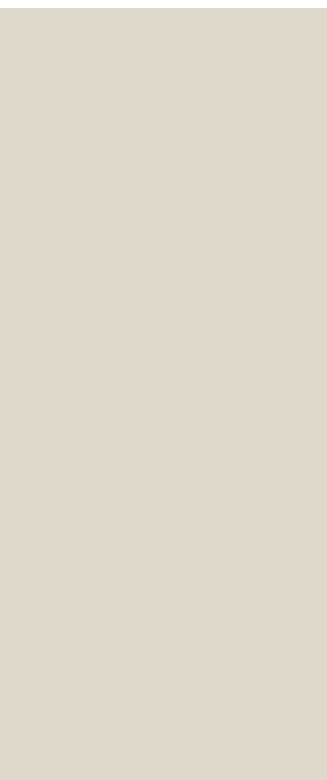




# 05

## METODOLOGÍA





El presente trabajo se ha desarrollado durante los meses de febrero, marzo, abril, mayo y junio de 2020, por lo que gran parte de su desarrollo se ha realizado durante la pandemia global declarada por la OMS el día 11 de marzo de 2020 por la enfermedad COVID-19. Esto ha afectado a la toma de datos in-situ, por lo que las fotografías disponibles han sido localizadas con fuentes externas. Así bien, el desarrollo del siguiente trabajo ha supuesto la aplicación de una metodología que comprende las siguientes etapas o fases:

### **Criterios de selección del caso de estudio.**

En relación a la elección se ha optado por la tipología residencial plurifamiliar, y se ha tenido en cuenta la proximidad y accesibilidad al mismo, para facilitar la toma de datos in situ y la realización de encuestas a los usuarios. Además, se ha tenido en consideración que el edificio seleccionado fuera construido en una época carente de normativas reguladoras desde el punto de vista energético.

Para la elección del edificio objeto de estudio se ha desarrollado un análisis previo de los barrios de vivienda colectiva de la ciudad de Sevilla susceptibles de acogerse a una actuación de rehabilitación energética. Se realizará en todos ellos una comparativa entre los edificios pertenecientes a los barrios que podrían ser casos de estudio que incluirá la edad de la edificación, tipología mayoritaria de los edificios, altura de la edificación, número de edificios que se encuentran en las diferentes barriadas, número de viviendas y tipología de los sistemas constructivos de la envolvente, que será la más influyente en la eficiencia energética.

De los criterios de selección impuestos se obtendrá un edificio caso de estudio que refleje las características más comunes en las barriadas de ciudad de Sevilla, siendo de ayuda para la extrapolación de las soluciones adoptadas a otro caso de estudio dentro de la ciudad u otra con climatología similar.

Finalmente, se ha valorado su pertenencia a un barrio con una identidad propia que mereciese de este tipo de actuación para devolverle el carácter originario del mismo. Por tanto, a partir de los argumentos expuestos, se ha seleccionado un caso de estudio localizado en la barriada de san Pablo de la ciudad de Sevilla, un edificio que forma parte del gran parque de vivienda social construido en la segunda mitad del siglo XX, y con un alto grado de obsolescencia energética.

### **Búsqueda de información.**

En primer lugar, se ha reunido toda la información referente al edificio caso de estudio, lo que integra el proyecto del edificio su entorno urbano, la planimetría original de las viviendas y la caracterización de las soluciones constructivas de la envolvente térmica.

### Elaboración de encuestas a usuarios.

Se realizan una serie de encuestas de opinión con objeto de conocer y valorar las condiciones de habitabilidad y confort térmico de los habitantes. Este proceso se lleva a cabo mediante un cuestionario realizado in situ a los ocupantes de las viviendas del edificio caso de estudio, lo que permitirá identificar sus prácticas comunes y analizar sus necesidades, además de determinar los patrones de uso del edificio, información que será de utilidad en la fase de creación del modelo de simulación energética. Las encuestas se dividen en seis apartados que recogen información y datos de la unidad familiar, los aparatos de la vivienda, parámetros de confort, consumo y uso de la energía, ventilación y condiciones de accesibilidad.

### Elaboración de un modelo de simulación energética.

Se ha creado un modelo de simulación que reproduce el comportamiento energético actual del edificio. El levantamiento virtual del modelo se ha llevado a cabo mediante la herramienta informática oficial de verificación del CTE-DB HE, *SG SAVE*, modelando, en primer lugar, la geometría 3D del edificio a través de *SketchUp*.

Una vez generada y exportada la geometría general del edificio se introducen los huecos existentes en la envolvente térmica, seguidos de la definición de cada recinto, calificándolos como habitables para las viviendas y no habitables para el núcleo de comunicaciones y la planta semisótano.

Se incorporan las características constructivas de la situación actual del edificio, introduciendo los puentes térmicos existentes, presentes en huecos en fachada, frentes de forjado, pilares en fachada y encuentros con el terreno. Una de las opciones proporcionadas por el software de *SG SAVE* posibilita el cálculo automático de la longitud de los puentes térmicos, por lo que no es necesario calcularlos de forma manual en este trabajo.

A continuación, se definen las características constructivas de los paramentos verticales y horizontales, determinando las superficies adiabáticas existentes, así como la caracterización de los vidrios, su exposición al sol y al viento.

Posteriormente, se introduce información en relación a los sistemas, tales como la demanda y producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS), dato facilitado por las encuestas realizadas a los usuarios previamente a la declaración del Estado de Alarma por la pandemia mundial del Covid-19.

Asimismo, para la verificación de las exigencias básicas del DB HE se requiere información sobre la instalación de iluminación, por lo que se realiza un estudio con el programa informático *DIALux* para definir el

VEEI y su consumo.

Resulta necesario, además, conocer las cargas térmicas de las viviendas, por lo que se obtienen los datos de las cargas de refrigeración y de calefacción mediante el software *Clima*.

Por último, se introduce el patrón de uso del edificio, datos que se ajustan a la realidad gracias a la elaboración de las encuestas a los usuarios. Se definen horarios de ocupación, de actividad, de iluminación y de uso de equipos, atendiendo a la diferencia entre días laborales y fines de semana, así como los meses de verano e invierno.

### **Localizar deficiencias en el edificio, a nivel energético como de accesibilidad y habitabilidad.**

En primer lugar, se realiza una valoración de la situación energética del edificio, facilitada por el modelo de simulación, gracias a la cual será posible determinar las deficiencias presentes en el edificio. Esto hará posible el trazado y propuesta de las soluciones, tanto activas como pasivas, a llevar a cabo en la intervención de rehabilitación energética del edificio.

Se analizarán, además, situaciones relacionadas con la habitabilidad y el confort de las viviendas, procurando soluciones activas y/o pasivas que mejoren la calidad de vida de sus usuarios.

Como análisis de la accesibilidad, se ha tenido en cuenta las dimensiones mínimas del núcleo de escaleras, la resbaladidad de sus materiales, así como la inexistencia de ascensor que facilite la autonomía de sus habitantes, sobre todo de las personas mayores o con movilidad reducida.

Se ha procurado que las actuaciones en las deficiencias localizadas en el edificio actúen como un único proyecto de rehabilitación que sirva para regenerar el edificio y devolverle su entidad y valor.

### **Definición e incorporación de las actuaciones que solventen las deficiencias presentes en el edificio.**

Una vez analizado el edificio y conociendo los datos de la simulación energética se procede a plantear e incorporar una serie de intervenciones cuya finalidad será adaptar un edificio obsoleto a las demandas energéticas, de habitabilidad y confort y de accesibilidad actuales. Este desarrollo se divide en tres grupos de actuaciones: medidas activas, medidas pasivas y medidas relacionadas con la habitabilidad y la accesibilidad al edificio.

Las medidas pasivas se llevarán a cabo en primer lugar, puesto que pueden llegar a representar una importante reducción en las cargas internas de las viviendas. Para evaluar el impacto de cada una de ellas se decide analizar las propuestas de forma individual y, posteriormente, realizar una evaluación global, por lo que se dispondrán en el presente orden: mejora de vidrios y carpinterías en huecos de fachada, incorporación de aislamiento térmico y rotura de puentes térmicos a la fachada, mejora de la cubierta plana y protecciones solares en la cubierta del edificio.

Las medidas activas se definen mediante actuaciones de sistemas y equipos que apoyan a la mejora de la eficiencia energética de las instalaciones y las viviendas. Se determinarán actuaciones que mejoren la producción eléctrica, la producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS) y que cubran la demanda de Climatización y Refrigeración.

El análisis y la verificación de las medidas y sistemas planteados de realizará de forma progresiva, lo que permitirá la realización de un trabajo más dinámico en el que se podrán manejar datos de diferentes soluciones, pudiendo así implantar unas u otras según su impacto ambiental, económico y energético.

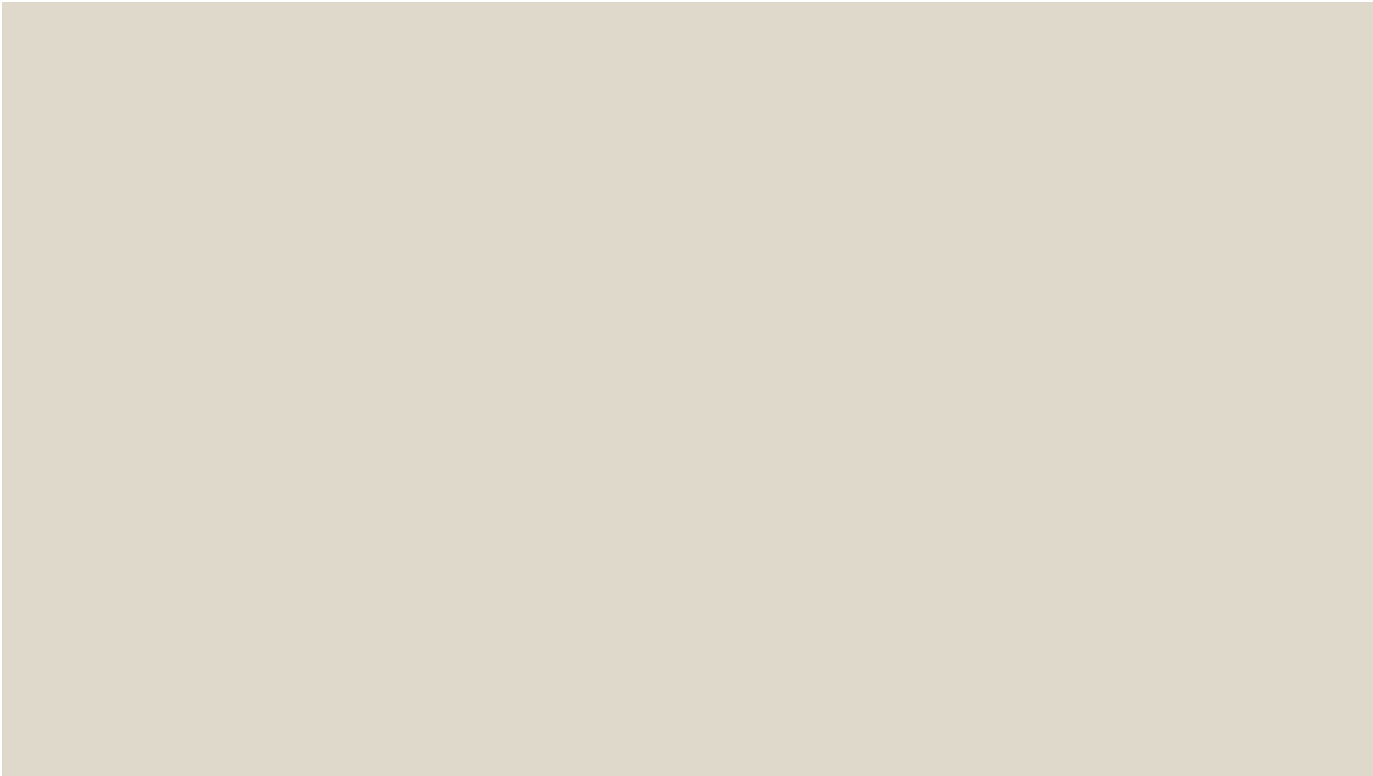
### **Comparativa entre ambas simulaciones y verificación de las soluciones adoptadas.**

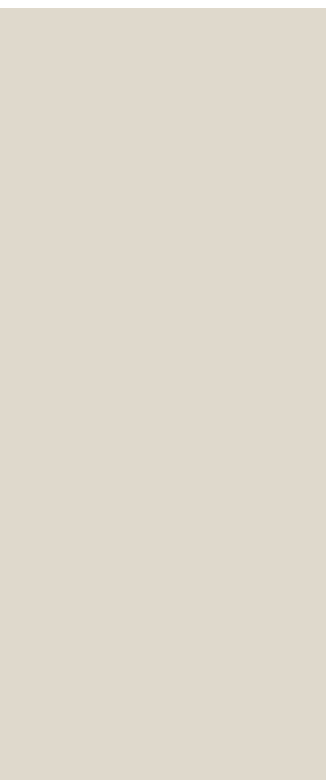
Debido a la diversidad de soluciones que se plantean, una vez realizadas las simulaciones del edificio que reproduzcan el estado actual y el estado rehabilitado, se efectúa una comparativa entre ambas, analizando así las medidas que presentan un mayor impacto en la mejora de la eficiencia energética del edificio.

Una vez concluido el análisis se efectúan una serie de conclusiones que tienen por objeto representar la influencia de cada una de las soluciones adoptadas en el avance en el camino de la mejora energética de los edificios existentes e intentando establecer una intención de extrapolación de esta práctica a los diferentes edificios de vivienda social de la ciudad de Sevilla y de España.

# 06

## CASO DE ESTUDIO







## 6.1. ORÍGENES DE LA VIVIENDA SOCIAL Y LOS BARRIOS OBREROS DURANTE LA POSGUERRA

El problema de necesidad de vivienda social ha estado presente en prácticamente todas las ciudades a lo largo del siglo XX. La necesidad de otorgar de una vivienda digna a la clase obrera que emigraba del campo a los núcleos urbanos durante la época de la industrialización presentaba un gran desafío para éstos. Este reto hacia las ciudades planteó en el Movimiento Moderno la necesidad de barajar soluciones de proyectos que hicieran de las urbes, las cuales habían multiplicado su población y se había instaurado una nueva cultura del habitar, un entorno habitable (Morales Padrón, F., & Blanco Freijeiro, A. (1992), (Sainz, 2011).

El problema urbano de las ciudades no se atajaba de forma superficial en el entorno, sino que presentaba una disyuntiva sobre varios aspectos: la forma y tipología que debía tener el edificio y las viviendas contenidas en él, las relaciones entre lo público y lo privado, las necesidades dotacionales de los nuevos barrios e incluso la forma de implantación del edificio en la parcela. En la mayoría de las ciudades en las que había necesidad de nuevo suelo urbano para alojar a este tipo de población, estas bolsas de suelo se localizaban en la periferia de la ciudad ya conformada, siguiendo los criterios de seriación y racionalismo implantados por el Movimiento Moderno. Surgieron así los llamados polígonos residenciales, que conformaban piezas autónomas y autosuficientes en la ciudad.

En España, este modelo de implantación de nuevos barrios obreros se dispone en el periodo de posguerra, momento en el que el Instituto Nacional de Vivienda dictó varias leyes encargadas de regular las viviendas protegidas que se estaban construyendo. Sin embargo, el gran número de proyectos ejecutados en esta época debido a la gran necesidad de vivienda hace que, en muchos casos, errores que hacen que hoy día muchos de ellos se encuentren obsoletos y en condiciones precarias. Algunas muestras de estas deficientes condiciones son, por ejemplo, la disgregación social que se generaba, la ocupación de los polígonos habitados, en su mayoría, por las clases sociales más desfavorecidas, así como la falta de equipamiento o la ineficaz instauración de los principios del racionalismo en los edificios, en los que se llevaba al extremo los principios del *existenz minimum* (la vivienda para el mínimo nivel de vida), además de la falta de calidad en los procesos constructivos, debido a la gran necesidad de vivienda que hacía atender más al número de ejecución que a la calidad de las mismas incrementado también por la débil industrialización que existía en esa época en el sector de la construcción en nuestro país. (Molina, 2014) (Gómez, 2015) (Barrionuevo, 2015) (Domínguez, Sendra, Fernández y

Escandón, 2017).

Sevilla cuenta con numerosas de estas operaciones realizadas para dar respuesta al grave problema de necesidad de vivienda obrera. Hoy día, este tipo de edificios, anteriores a 50 años y a la NBE-CT-79 (RD 2426/1979), representan más del 55% de los edificios plurifamiliares presentes en la ciudad, por lo tanto debemos entender el gran número de edificios que presentan un alto grado de obsolescencia energética, así como de condiciones de confort ambiental y accesibilidad muy alejadas de las demandas actuales.

A continuación se realiza un estudio pormenorizado en el que se analizarán distintos barrios de la ciudad que pueden ser considerados como caso de estudio (Fig. 10, Tabla 01). Dicho estudio recogerá las características influyentes en la valoración energética de cada uno de ellos, estableciendo un patrón común que permita seleccionar una barriada, así como un edificio caso de estudio que presente las características más comunes en la ciudad de Sevilla.





Fig. 10: Planimetría de Sevilla con localización de barrios con más de 50 años susceptibles de ser objeto de estudio

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 01: Características de los barrios obreros sevillanos  
Fuente: Elaboración propia.

		Año	Tipología	Tipo de Vivienda	Nº Plantas	Nº Bloques	Nº viv.	Aislamiento Fachada	Aislamiento Cubierta	Ascensor
Las Golondrinas	Barrio 1	60-70	70	-	70	43	922	-	-	-
San Jerónimo	Barrio 2	6-70	Lineal	Subven.	4	294	2.840	No	No	No
La Carrasca	Barrio 3	70	Lineal	-	7 / 5 / 8 / 10	40	1.354	-	-	-
Hernandades	Barrio 4	70	H	-	5 / 8 / 11 / 7 / 10	124	2.888	-	-	-
Polígono Norte	Barrio 5	60	70	-	4 / 11	70	1.765	No	No	Si
Los Príncipes	Barrio 6	70	E / H	-	12 / 5 / 7 / 8	112	2.499	-	-	-
Villegas	Barrio 7	60-70	Lineal	-	5	78	764	-	-	-
Santa Justa y Rufina	Barrio 8	70	L / H	-	4 / 5	111	1.341	-	-	-
San Diego	Barrio 9	70	H	VPO	8 / 13	24	900	No	-	-
Pino Montano	Barrio 10	70	Lineal	Renta Lim.	5	246	5.900	No	No	-
Las Almenas	Barrio 11	70	Lineal	-	5 / 9 / 12	18	589	-	-	-
Los Arcos	Barrio 12	70	H	-	4 / 12	36	1.138	-	-	-
Begoña	Barrio 13	60-70	H	-	4 / 5	85	1.321	-	-	-
Santa Catalina	Barrio 14	60-70	H / Lineal	-	5 / 8	25	250	-	-	-
San Juan de la Salle	Barrio 15	60-70	H	-	4 / 5 / 8 / 10	80	1.378	-	-	-
Las Naciones	Barrio 16	70	H / Lineal	-	5 / 11 / 12	50	1.166	-	-	-
Santa María de Ordaz	Barrio 17	70	H / Lineal	-	5 / 7 / 8 / 15	107	2.669	-	-	-
Zodiaco	Barrio 18	70	H	VPO	4 / 5 / 11	29	760	No	-	-
Árbol Gordo	Barrio 19	60	Lineal	-	3 / 4	19	170	-	-	-
San Carlos	Barrio 20	60-70	H	-	3 / 5 / 10 / 11	26	577	-	-	-
Tartesos	Barrio 21	70	H	-	5 / 8 / 13	35	828	-	-	-
La Rosaleda	Barrio 22	60	Lineal	-	5 / 8	17	167	-	-	-
Las Huertas	Barrio 23	70	H	-	7 / 10	18	600	-	-	-
Polígono San Pablo	Barrio 24	60-70	H / Lineal	RL / VPO / S	5 / 14 / 9 / 11 / 13 / 6	680	8.766	No	No	No
El Fontanal-San José Obrero	Barrio 25	60-70	L / H	-	5 / 6 / 8 / 10 / 12	155	2.285	-	-	-
Los Pajaritos	Barrio 26	50	Lineal	S	4 / 5	272	2.736	No	No	No
Santa Aurelia	Barrio 27	70	H	-	7 / 8 / 9 / 10 / 12	65	3.284	-	-	-
Madre de Dios	Barrio 28	50-60	H / Lineal	S / RL	5 / 8	165	1.952	No	Si	No
La Candelaria	Barrio 29	50	Lineal	RL / S	3 / 4	79	1.022	No	No	-
Amate	Barrio 30	50	Lineal	VPS	4 / 5	115	1.051	No	-	No
Ciudad Jardín	Barrio 31	40	M. Cerrada	-	3	20	480	No	No	-
Nervión	Barrio 32	50-60-700	H / Lineal	-	5 / 8 / 10 / 4	24	183	-	-	-
Rochelambert	Barrio 33	70	H	RL	5 / 12	120	2.704	No	No	-
Juan XXIII	Barrio 34	50-60	Lineal	-	12 / 5	193	1.991	-	-	-

		Año	Tipología	Tipo de Vivienda	Nº Plantas	Nº Bloques	Nº viv.	Aislamiento Fachada	Aislamiento Cubierta	Ascensor
Altair-El Trébol	Barrio 35	70	H	VPO	10	11	413	No	No	Si
Elcano	Barrio 36	70	Lineal / Ex.	RL	3	18	200	No	No	No
Pedro Salvador	Barrio 37	70	Ex. / H	RL	4 /13	24	489	No	No	Si
Pineda	Barrio 38	70	Lineal	-	5	6	120	-	-	-
El Plantinar	Barrio 39	60-70	Lineal / H	VPO / RL	5 / 8	126	1.630	No	No	-
El Juncal	Barrio 40	60-70	Lineal/H/Ex.	VS	10 / 12 / 5	170	2.498	No	No	Si
Híspalis	Barrio 41	60	Lineal	-	4 / 5	53	508	No	No	-
Polígono Sur	Barrio 42	70	Lineal / Ex.	VS / S / VPO	4 / 11 / 5 / 9 / 8	712	9.034	No	No	No
El Cerro del Águila	Barrio 43	70	Lineal	-	2 / 4	33	502	No	No	-
Las Águilas	Barrio 44	70	Lineal / H	VS	4 / 8	24	557	No	No	-
Bami	Barrio 45	60	H	RL	5	30	554	No	No	No
S. Sur-La Palmera Reina Mercedes	Barrio 46	50-60-70	Lineal	-	4 / 5 / 7	76	709	-	-	-
Tiro de Línea- Santa Genoveva	Barrio 47	40-50-60-70	L / MC / H	RL / S	5 / 10 / 4 / 3	156	2.612	No	No	No
Tablada	Barrio 48	60	H	-	5	8	153	No	No	No
Pirotécnia	Barrio 49	70	L	S	3 / 4	25	350	No	No	-
Giralda	Barrio 50	60-70	L / H	-	13	5	240	-	-	-
Los Remedios	Barrio 51	40-60	L / MC	-	5	30	516	-	-	-
El Carmen	Barrio 52	50	L / H	-	4 / 5 / 10	52	636	No	No	Si
Blas Infante	Barrio 53	70	L	-	5 / 10	15	244	-	-	-
El Tardón	Barrio 54	50	L	S / RL	5	135	1.955	No	No	No
Bario León	Barrio 55	70	L/H	-	5 / 10	26	588	-	-	-
Voluntad	Barrio 56	50-60-70	MC / L / H	-	4 / 9 / 10 / 12 / 7 / 5	89	1.470	-	-	-
El Turruñuelo	Barrio 57	70	L / H	-	5 / 10 / 12	23	772	-	-	-
Santa Cecilia	Barrio 58	60	L / H / E	-	10 / 5 / 6 / 8	76	1.760	-	-	-
Patrocinio	Barrio 59	70	L / E	-	8 / 12 / 13 / 5	42	1.105	-	-	-
Capuchinos-Cruz Roja	Barrio 60	60-70	MC / L	-	4 / 5 / 8	31	818	-	-	-
Pío XII	Barrio 61	50-60	L	-	4 / 5 / 6 / 7 / 8	193	1.991	-	-	-
Macarena	Barrio 62	40-60-70	L	-	6 / 10 / 4 / 5	40	502	-	-	-
La Barzola	Barrio 63	40-60	L	-	3 / 5	91	658	-	-	-
Huerta del Carmen	Barrio 64	50-60-70	H	-	4 / 5 / 7 / 9	91	1.372	-	-	-
Doctor Marañón-Palmilla	Barrio 65	60-70	L	-	6 / 10 / 5	70	1.229	-	-	-
El Cerezo	Barrio 66	70	L / H	-	5	60	1165	-	-	-
Las Avenidas	Barrio 67	60-70	L / H	-	5 / 8	34	360	-	-	-
La Paz	Barrio 68	60-70	L	-	4 / 8 / 12 / 14	28	519	-	-	-

Como se puede apreciar tanto en las gráficas de la fig. 11 como en los gráficos de la fig. 12, en la ciudad de Sevilla hay, ligeramente, una mayor proporción de edificios lineales que recogen un mayor número de viviendas. De igual modo, se puede observar que un gran número de edificios fueron construidos bajo los criterios de vivienda social, para dar servicio a una población con bajos ingresos económicos. En la fig. 12 se muestra en forma de gráfico el número de plantas que corresponden a cada año de ejecución. Se puede apreciar que el caso más repetido sería el edificio que oscila entre 4 y 5 plantas de altura. Además, se ha querido recoger el número de viviendas que pertenecen a estos barrios y que presentan cierto grado de obsolescencia energética con objeto de justificar y dar a entender la necesidad que tiene una ciudad como Sevilla de actuar en este gran parque residencial. Por último, se puede observar igualmente que de aquellos edificios de los que se localiza información suficiente, predomina la falta de aislamiento térmico en la envolvente térmica del edificio, configurada tanto por fachada como por la cubierta, así como una falta de ascensor, lo que dificulta la accesibilidad y autonomía de personas mayores. Así bien, se ha establecido como edificio común en este tipo de actuaciones en la ciudad de Sevilla: un bloque lineal, de tipo social, de entre 4 y 5 alturas.

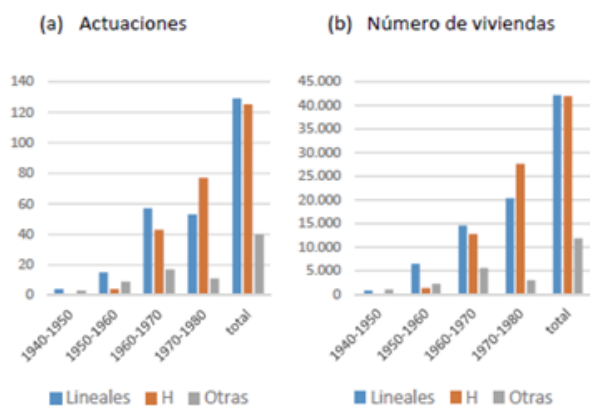


Fig. 11: Evolución de los grupos tipológicos por décadas. Población global de edificios del periodo.  
Fuente: La construcción de la vivienda social en Sevilla y su catalogación

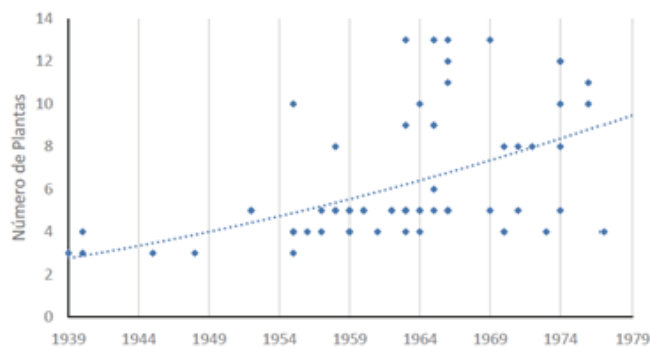


Fig. 12: Altura de los edificios de vivienda  
Fuente: La construcción de la vivienda social en Sevilla y su catalogación

Este trabajo se centrará en una de esas barriadas mostradas en la fig. 10, el Polígono de San Pablo, que conforma una adaptación de los modelos europeos de seriación y racionalismo.

La edificación del Polígono de San Pablo se inició en 1961, al este de la ciudad de Sevilla, promovida por el Instituto Nacional de Vivienda y por Obra Sindical del Hogar y Arquitectura (O.S.H.), dentro de los estándares de construcción de polígonos residenciales (fig. 13). Fue diseñado por dos grandes equipos de arquitectos al mando de Luí́s Recasens Méndez Queipo de Llano y Rafael Arévalo Camacho, con la colaboración del ingeniero de caminos José Luí́s Prats Vila. (Barrionuevo, 2015), (Gómez, 2015).



Fig. 13: Vista aérea del Polígono de San Pablo.

Fuente: Gómez Muñoz, P. (2015). La ciudad contemporánea desde sus barrios (Trabajo Fin de Grado).



## 6.2. URBANISMO Y ARQUITECTURA DEL POLÍGONO DE SAN PABLO

La barriada de San Pablo se diseñó para alojar a 11.500 viviendas, las cuales se dividen en cinco barrios, denominados A, B, C, D y E de aproximadamente 2.000 viviendas cada uno. A su vez, cada uno de estos barrios se subdividen en unidades vecinales de aproximadamente 300 viviendas, agrupadas de 6 en 6. El urbanismo proyectado en el gran barrio de San Pablo se encuentra a medio camino entre los ideales de la "Ciudad Jardín" y los de la "Ciudad Concentrada", se diseña un modelo intermedio, adoptado de los principios del Movimiento Moderno, en el que se adopta la tipología de implantación lineal relacionada de forma inmediata con el espacio libre. El principal objetivo de urbanizar ambientándose en las unidades vecinales es hacer de cada una un entorno con vida propia, además se buscó que la población que ocupará las viviendas ya formase una comunidad, bien perteneciendo a la misma calle o a la misma zona. Cada unidad vecinal se relaciona entre sí mediante pequeños núcleos comerciales y zonas comunes ajardinadas, las unidades vecinales entre ellas, a su vez se relacionan mediante los centros educativos y guarderías. Los barrios se relacionan con las unidades vecinales mediante los centros religiosos, sociales o comerciales a mayor escala, así como a través de un gran centro dotacional. Sin embargo, la proporción de este gran centro y el hecho de que se construyera de forma posterior a las viviendas han hecho que se comporte más como un límite entre partes del polígono, haciendo que sea casi imposible la íntegra relación entre las partes. (Barrionuevo, 2015).

El proyecto comenzó en septiembre de 1961, cuando se entregan los proyectos de los primeros barrios, el barrio A y el B. El nuevo polígono residencial cuenta, en su primera fase con cuatro tipologías de viviendas, tres pertenecientes a una renta limitada, divididas en tres categorías según el número de dormitorios. La cuarta tipología responde a vivienda social. El primer barrio en construirse fue el A, por su cercana localización a la ciudad existente, cuenta con 2.006 viviendas, seguido se edifica el barrio B, el cual cuenta con 2.000 viviendas en las que predomina la tipología de vivienda social (Gómez, 2015).



N  
Escala 1:10.000

Fig. 14: Planimetría del Polígono de San Pablo. Ubicación y relación con el espacio urbano.  
Fuente: Elaboración propia.

El proyecto comenzó en septiembre de 1961, cuando se entregan los proyectos de los primeros barrios, el barrio A y el B. El nuevo polígono residencial cuenta, en su primera fase con cuatro tipologías de viviendas, tres pertenecientes a una renta limitada, divididas en tres categorías según el número de dormitorios. La cuarta tipología responde a vivienda social. El primer barrio en construirse fue el A, por su cercana localización a la ciudad existente, cuenta con 2.006 viviendas, seguido se edifica el barrio B, el cual cuenta con 2.000 viviendas en las que predomina la tipología de vivienda social (Gómez, 2015).

El proyecto de localización de las diferentes edificaciones en el solar presenta una cierta lógica, los edificios con mayor altura, situados en el borde, actúan de pantalla protectora frente a las grandes avenidas, mientras que los bloques más bajos se localizan en el centro del polígono, estableciendo una cierta jerarquía que intensifica los espacios peatonales y dinamiza las relaciones internas de los barrios (fig. 15). Esto se intensifica con el buen asoleamiento que reciben las zonas comunes las convierten en espacios agradables y habitables. Dentro de cada una de las piezas que conforman el barrio se desarrolla una vida cotidiana bastante rica, favorecida con la presencia del espacio verde y sus jardines, así como los centros dotacionales, que gozan de una buena ubicación y la idea de distribuir cada barrio a su vez en unidades vecinales.

El barrio muestra funcionalidad y jerarquía en lo que corresponde al entorno urbano, sin embargo, la problemática aparece cuando nos referimos a los bloques de viviendas. La circunstancia de contar con una población en su mayoría obrera, sin muchos recursos económicos y la tipología del viario de fondo de saco, que en ocasiones actuaba de soporte para actos delictivos, han originado que los edificios del barrio se encuentren en condiciones de habitabilidad deficientes y de pobreza energética.

La variedad tipológica de las viviendas en la barriada de San Pablo muestra una cultura del habitar que se sigue percibiendo hoy día. En sus inicios, la diversidad tipológica era fruto de la intención de recoger diferentes clases sociales, que se acomodarían según la tipología y altura de los edificios. Encontramos dos tipologías principales de edificios, los bloques en H y los bloques de doble crujía.

- Los bloques en H, responden a la 1ª categoría, se sitúan en el perímetro del polígono de San Pablo y cuentan con la mayor altura. Se definen por albergar cuatro viviendas comunicadas a un núcleo de escalera central.

- Los bloques de doble crujía, seriados, corresponden a la 2ª categoría (9 plantas y 70,26 m<sup>2</sup>) y la vivienda social (5 plantas y 54,95 m<sup>2</sup>). Cuentan con menor altura y dimensión y se localizan en el interior del barrio.



Fig. 15: Imagen del Polígono de San Pablo donde se aprecian las diferentes tipologías de edificios y su disposición.  
Fuente: Google Earth.

### 6.3. SELECCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DEL CASO DE ESTUDIO

El trabajo se centrará en el análisis y las propuestas de actuación sobre uno de los edificios pertenecientes a la vivienda social del Barrio B del Polígono de San Pablo, en relación a cuestiones de habitabilidad, accesibilidad y eficiencia energética. De acuerdo a la caracterización genérica de la vivienda social en bloque lineal construida en Andalucía occidental entre 1950 y 1983 (Guajardo, 2017), estos edificios cuentan con una tipología de bloque lineal con doble crujía. Se decide la elección de este edificio como caso de estudio por la necesidad que presenta, al no contar con ningún tipo de aislamiento térmico situado en la envolvente, por su mala orientación respecto a la zona climática en la que se encuentra, por unificar las soluciones adoptadas por algunos vecinos en cuanto a confort térmico que se muestran incoherentes entre sí y con el edificio, además de la falta de sensibilidad en los espacios comunes, lo cual dificulta las condiciones de habitabilidad de los usuarios.

La intención del trabajo es adecuar las características de uno de los edificios del Barrio B del Polígono de San Pablo a las demandas de confort y habitabilidad de nuestro siglo, mostrándolo como ejemplo para la posible adaptación de los numerosos edificios construidos hace más de 50 años y que se encuentran en condiciones similares y obsoletas desde el punto de vista energético.

El edificio elegido se localiza en una de las unidades vecinales que rodea la plaza de Tomás Pavón (fig. 16). Los edificios de esta zona se asocian en hilera y cuentan con al menos una medianera común entre viviendas, además, para dinamizar esta tipología urbana se producen retranqueos en la fachada y giros de 90° en la edificación, que se unen entre sí mediante un vértice común (fig. 17). Esta forma de implantación en las parcelas crea variedad en las características térmicas de los edificios, ya que cuentan con orientaciones totalmente contrarias, además de planos de sombra muy pronunciados en algunos bloques e inexistentes en otros. Sin embargo, están resueltos con la misma tipología de bloque y vivienda y las mismas soluciones constructivas.

En bloque elegido se muestra en la fig. 16. Presenta una orientación Norte-Sur, bastante desfavorable para la zona climática que corresponde a la ciudad de Sevilla. Además cuenta con un límite medianero y otro al exterior, lo que hace que la envolvente presente más carencias debido al aumento de la demanda y el consumo energético que supone esta disposición.

El bloque cuenta con 5 plantas en las que se distribuyen dos viviendas en cada una de ellas. Cuenta con unas dimensiones de 8,50 m, 4,25 m cada crujía, y 12,93 m.



N  
Escala 1:7.500

Fig. 16: Planimetría del Barrio B del Polígono de San Pablo. Localización del edificio caso de estudio  
Fuente: elaboración propia.

El acceso desde la vía pública se realiza directamente a la caja de escaleras, la cual cuenta con dimensiones mínimas (fig. 19). Los accesos a las viviendas desde la escalera se producen desde la misma meseta, con lo cual presenta una carencia en la distribución de los espacios comunitarios.

La estructura del edificio se resuelve mediante pilares y vigas de hormigón y forjado unidireccional de viguetas armadas y bovedillas de hormigón. Se presentan tres líneas de pilares, en las que las situadas en el cerramiento del edificio presentan un ritmo de separación entre 2,60 y 2,70 metros. En fachada se dibuja el trazo de la estructura (fig. 20, ya que se deja el hormigón visto de pilares y vigas, lo que se enfatiza con un leve retranqueo de la estructura respecto a la línea exterior de cerramiento o viceversa.



Fig. 17: Imagen del edificio caso de estudio  
Fuente: Google Earth



Fig. 18: Imagen del acceso al edificio caso de estudio.  
Fuente: Gómez Muñoz, P. (2015). La ciudad contemporánea desde sus barrios (Trabajo Fin de Grado).

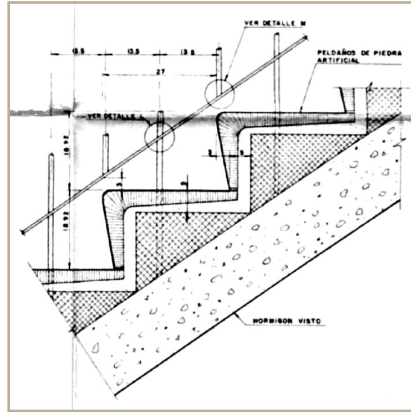


Fig. 19: Medidas peldaño.  
Fuente: Obra Sindical del Hogar y Arquitectura



Fig. 20: Edificio caso de estudio.  
Fuente: Google Earth.





### 6.3.1. DESCRIPCIÓN DE LAS VIVIENDAS

En la fig. 21 se representa la planta tipo de las viviendas marcadas en color, y el bloque anexo al caso de estudio. La vivienda presenta una tipología de doble crujía en cada una recoge una zona de la vivienda. La línea orientada al sur recoge, en este caso la zona de día, ubicando la entrada a la vivienda, la cocina, el baño y una pequeña terraza donde se incorpora el lavadero y sirve de ventilación. Por el contrario, la crujía orientada al Norte recoge los usos nocturnos, en los que se disponen tres dormitorios que se desarrollan con una geometría algo alargada.

### 6.3.2. ENVOLVENTE TÉRMICA

#### -CERRAMIENTOS Y PARTICIONES

La falta de aislamiento térmico en toda la fachada hace que el proceso de incorporación de éste en la rehabilitación energética se convierta en un punto crítico al llegar a los elementos de la estructura, ya que normalmente es una zona donde se producen puentes térmicos. Como podemos ver en las figs. 22 y 23, la cámara de aire se interrumpe antes de llegar a los pilares y forjados, por lo que se crea una necesidad de incorporar aislamiento por fuera o por dentro del edificio.

La envolvente vertical del edificio se resuelve mediante una tipología de cerramiento, con una inexistencia de aislamiento térmico. La medianera entre viviendas y entre bloques se resuelve mediante una hoja de fábrica de 12 cm, sin ningún tipo de aislamiento, ni térmico ni acústico. Las particiones interiores son tabiquería de fábrica con espesores de 9 o 4 cm (VVAA, 1961). En la fig. 24 podemos apreciar estas soluciones y en las Tablas 02-05 se especifican los materiales que las componen.

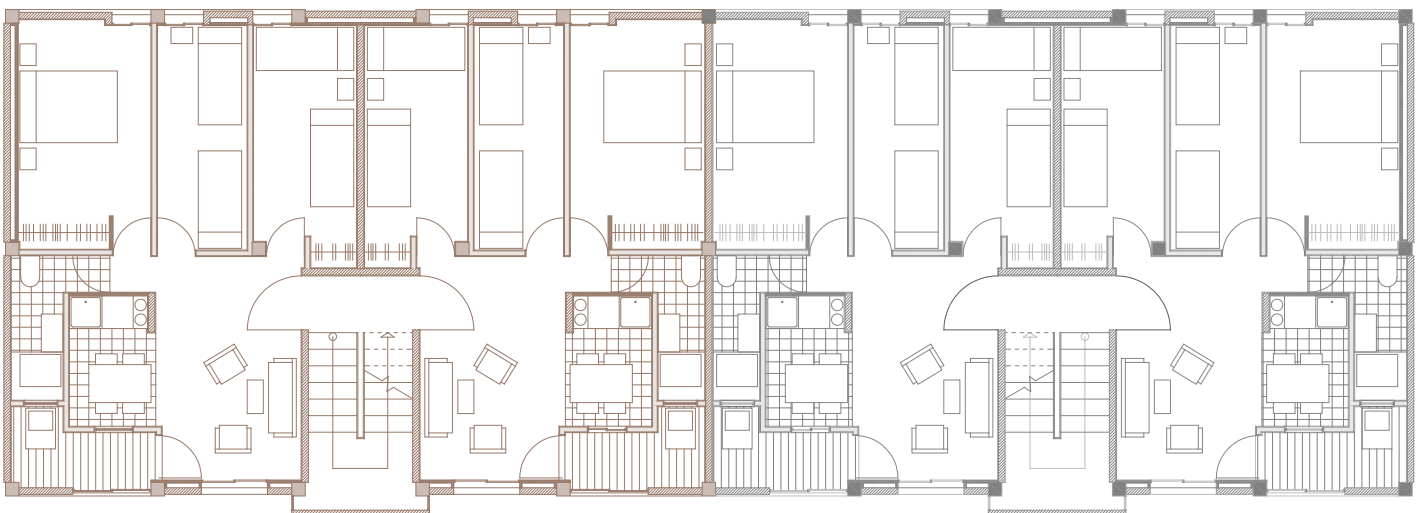


Fig. 21: Planimetría Planta Tipo Bloque caso de estudio y bloque anexo  
Fuente: Elaboración propia

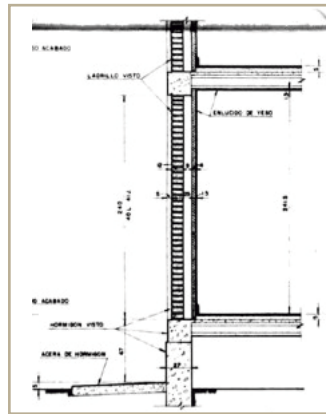


Fig. 22: Detalle sección muro de Cerramiento 1  
Fuente: Obra Sindical de Hogar y Arquitectura

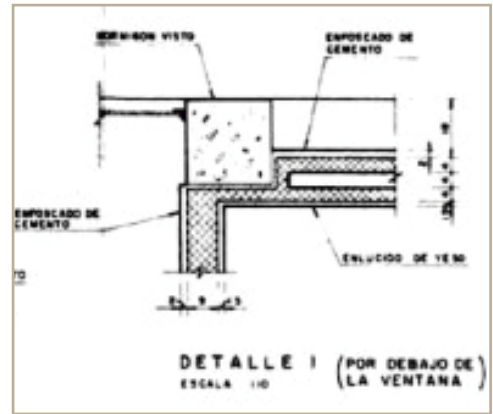


Fig. 23: Detalle planta Muro de Cerramiento 1 y Partición 1  
Fuente: Obra Sindical de Hogar y Arquitectura

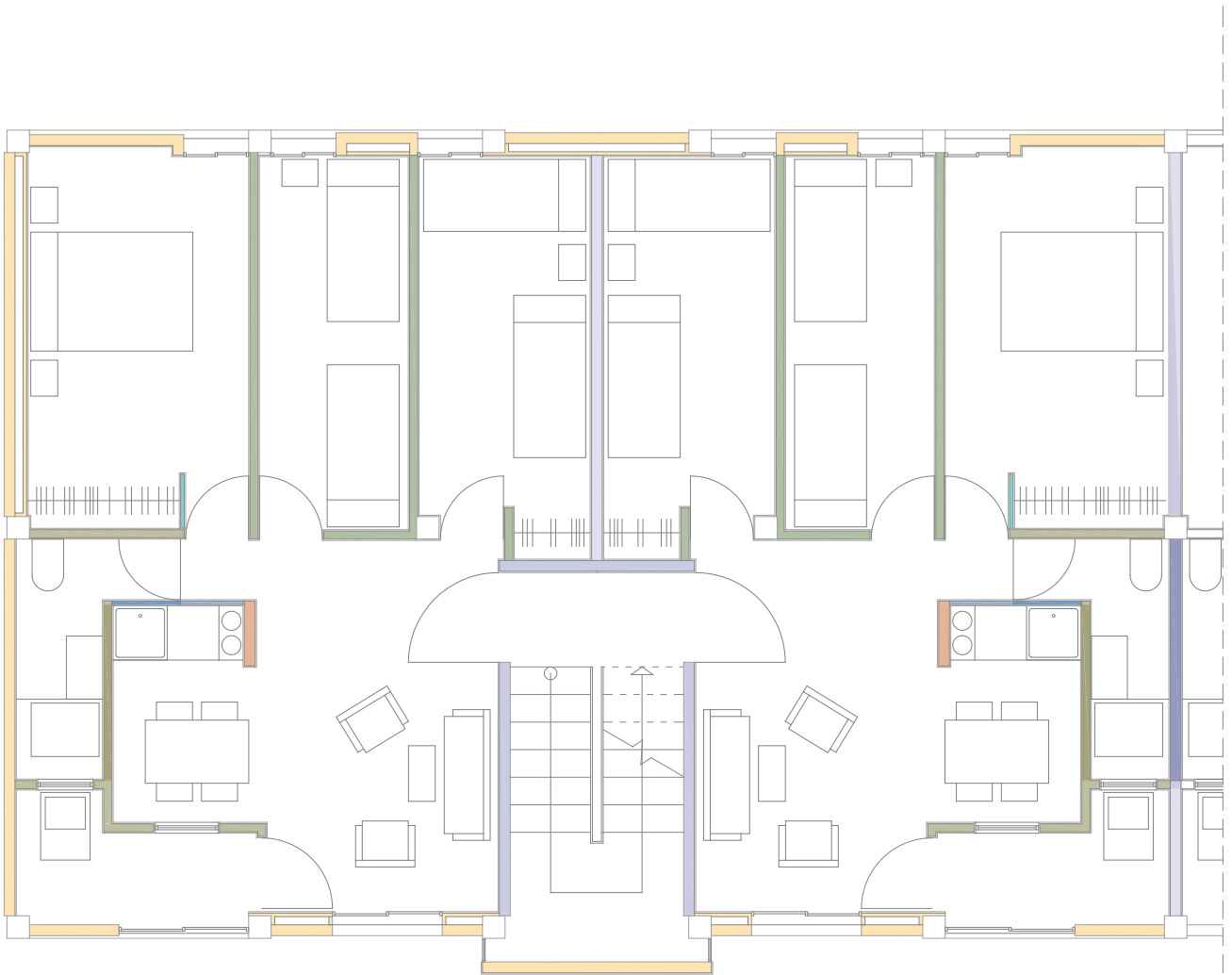


Fig. 24: Planimetría de tipología de paramentos verticales.  
Fuente: Elaboración propia.

- Cerramiento 1
- Medianera 1
- Medianera 2
- Medianera 3
- Partición 1
- Partición 2
- Partición 3
- Partición 4
- Partición 5
- Partición 6
- Partición 7

Tabla 02: Características materiales de las soluciones constructivas del edificio en su estado actual. Cerramiento 1.  
Fuente: Elaboración propia.

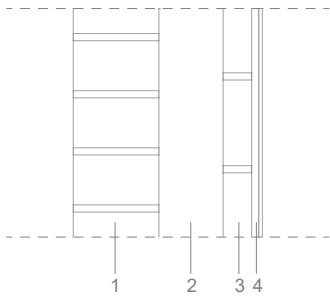
<b>CERRAMIENTO 1</b> Escala 1:10.	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/(m•K))	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp. (J/Kg•K)	Transmitancia Térmica (U (W/m <sup>2</sup> •K))
	1	0,12	0,30	2170	1000	
	2	0,09				
	3	0,04	0,445	670	1000	
	4	0,02	0,40	900	1000	
<p>1. Fábrica de ladrillo cerámico macizo, Tipo HD, Categoría II. (e= 0,24 x 0,12 x 0,08 m). Tomado con Mortero de Cemento M7,5.            2. Cámara de Aire Sin Ventilar (e=0,09 m).            3. Fábrica de ladrillo cerámico hueco simple, Tipo LD, Categoría II. (e= 0,24 x 0,12 x 0,04 m). Tomado con Mortero de Cemento M7,5.            4. Mortero de Cal CS III-W1 y Enlucido de Yeso YG/L ó B1 (e=0,015 m) y pintura Mate Mineral Coloreada al Silicato de Potasio, Color Blanco, R03 (e=0,003 m).</p>						

Tabla 03: Características materiales de las soluciones constructivas del edificio en su estado actual. Medianera 1.  
Fuente: Elaboración propia.

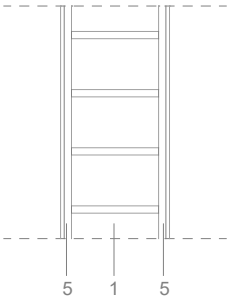
<b>MEDIANERA 1</b> Escala 1:10.	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/(m•K))	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp. (J/Kg•K)	Transmitancia Térmica (U (W/m <sup>2</sup> •K))
	3	0,12	0,30	2170	1000	
	5	0,015	1,30	2300	840	
<p>1. Fábrica de ladrillo cerámico macizo, Tipo HD, Categoría II. (e= 0,24 x 0,12 x 0,08 m). Tomado con Mortero de Cemento M7,5.            5. Mortero de Cal CS III-W1 y Enlucido de Yeso YG/L ó B1 (e=0,01 m) y azulejo blanco 20 x 20 cm (e=0,005 m).</p>						

Tabla 04: Características materiales de las soluciones constructivas del edificio en su estado actual. Medianera 2.  
Fuente: Elaboración propia.

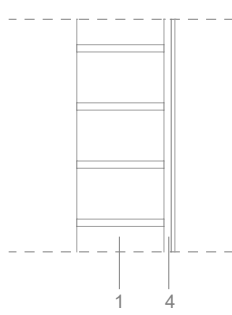
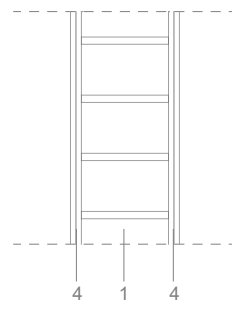
<b>MEDIANERA 2</b> Escala 1:10.	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/(m•K))	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp. (J/Kg•K)	Transmitancia Térmica (U (W/m <sup>2</sup> •K))
	1	0,1	0,30	2170	1000	
	4	0,02	0,40	900	1000	
						4,85 W/m <sup>2</sup> K
	1. Fábrica de ladrillo cerámico macizo, Tipo HD, Categoría II. (e= 0,24 x 0,12 x 0,08 m). Tomado con Mortero de Cemento M7,5. 4. Mortero de Cal CS III-W1 y Enlucido de Yeso YG/L ó B1 (e=0,015 m) y pintura Mate Mineral Coloreada al Silicato de Potasio, Color Blanco, R03 (e=0,003 m).					

Tabla 05: Características materiales de las soluciones constructivas del edificio en su estado actual. Medianera 3.  
Fuente: Elaboración propia.

<b>MEDIANERA 3</b> Escala 1:10.	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/(m•K))	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp. (J/Kg•K)	Transmitancia Térmica (U (W/m <sup>2</sup> •K))
	1	0,1	0,30	2170	1000	
	4	0,02	0,40	900	1000	
						4,30 W/m <sup>2</sup> K
	1. Fábrica de ladrillo cerámico macizo, Tipo HD, Categoría II. (e= 0,24 x 0,12 x 0,08 m). Tomado con Mortero de Cemento M7,5. 4. Mortero de Cal CS III-W1 y Enlucido de Yeso YG/L ó B1 (e=0,015 m) y pintura Mate Mineral Coloreada al Silicato de Potasio, Color Blanco, R03 (e=0,003 m).					

-CUBIERTA

La cubierta del edificio es una cubierta transitable a la que se accede a través del núcleo de escaleras mediante un castillete. Al igual que el resto de la envolvente, no presenta ningún aislamiento térmico en su configuración (fig. 25). La capa exterior que forma la solería se compone de baldosas de fábrica, seguidas de una capa de mortero de cal, una rasilla, una capa de tela asfáltica y carbonilla, para realizar la pendiente (Tabla 06).

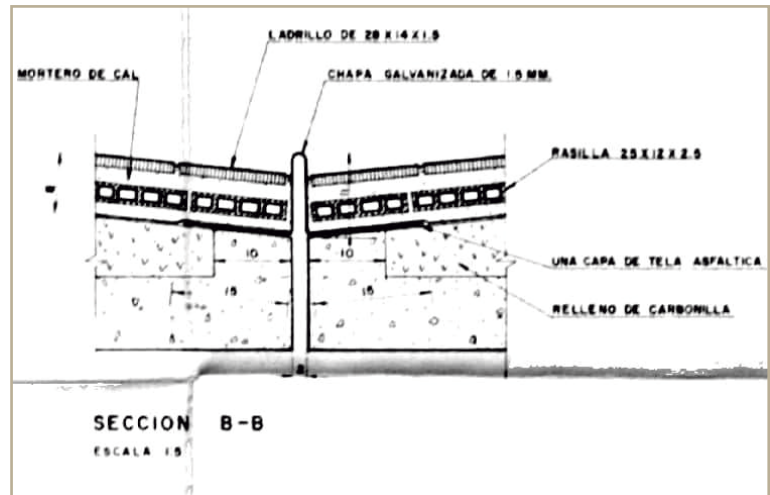
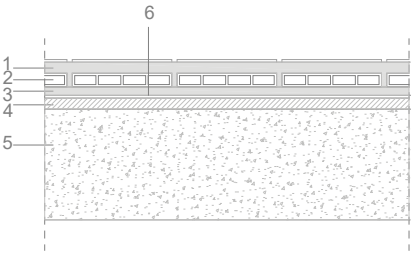


Fig. 25: Detalle Cubierta  
Fuente: Obra Sindical de Hogar y Arquitectura

Tabla 06: Características materiales de las soluciones constructivas del edificio en su estado actual. Cubierta.  
Fuente: Elaboración propia.

<p><b>CUBIERTA</b> Escala 1:10.</p>	Material	Espesor (m)	Conductividad (W/(m•K))	Densidad (kg/m <sup>3</sup> )	Cp. (J/Kg•K)	Transmitancia Térmica (U (W/m <sup>2</sup> •K))
	1	0,01	1,00	2000	1000	
	2	0,025	1,30	2300	1000	
	3	0,015	0,30	625	1000	
	4	Variable	1,65	2000	1000	
	5	0,02		1330	1000	
	6	0,005	0,23	1100	1000	
						3,67 W/m <sup>2</sup> K

1. Mortero de cemento de agarre M5 (e=0,01 m) y Solería de azulejos con acabado mate (0,60 x 0,225 x 0,015 m). Color Roble.
2. Rasillón rallado cerámico G4, Categoría II (0,025 x 0,11 x 0,02 m).
3. Mortero de cemento de agarre M5 (e=0,015 m)
4. Formación de pendiente de Hormigón Celular (HLE- 25-B-20-IIIa).
5. Forjado Unidireccional de Viguetas Armadas y Bovedillas de hormigón, armado con mallazo de reparto.
6. Lámina asfáltica

## - HUECOS DE PUERTAS Y VENTANAS

Los huecos de ventana se resuelven mediante vidrio simple de una hoja de 3,5 mm de espesor y cerco metálico (fig. 26), cuentan además con un frailer o persiana practicable de madera. Encontramos dos tipos de ventanas, los tipos I y II que se especifican en la fig. 27. En el proyecto original se refleja una tipología III formada por una celosía de fábrica que daba a un espacio exterior del lavadero, pero hoy día encontramos que en todas las viviendas se ha sustituido por un cerramiento diferente en cada una de ellas (fig. 28).

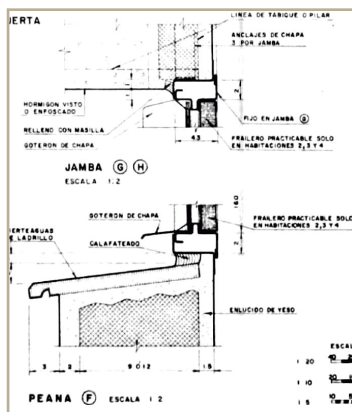


Fig. 26: Solución constructiva de huecos de ventanas  
Fuente: Obra Sindical de Hogar y Arquitectura

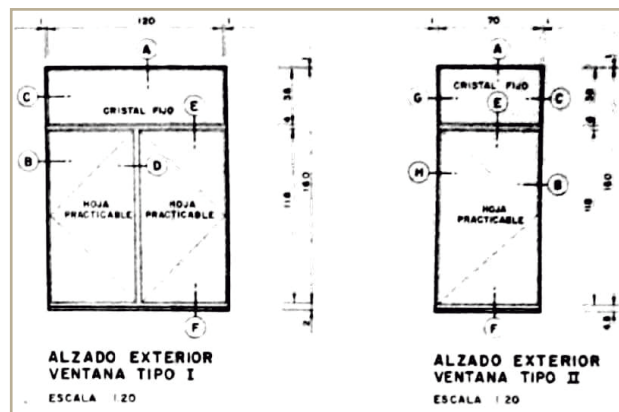


Fig. 27: Tipología de huecos de ventanas  
Fuente: Obra Sindical de Hogar y Arquitectura



Fig. 28: Fachada tipo del bloque caso de estudio  
Fuente: Google Earth

### 6.3.3. INSTALACIONES

El edificio cuenta con varias instalaciones, las cuales será relevante tener en consideración a la hora de crear el modelo de simulación energética:

-Producción de Agua Caliente Sanitaria (ACS): se resuelve mediante tuberías que dan servicio a los núcleos húmedos de las viviendas y, según proyecto (VVAA, 1961), se conectan a un calentador eléctrico como sistema de producción. Sin embargo, esto ha sido cuestionado gracias a la información proporcionada por las encuestas de los usuarios, en las que se concluye que la mayoría de las calderas se abastecen con gas butano (dato facilitado a través de las encuestas realizadas a los usuarios).

-Climatización: el edificio no cuenta con sistemas de aire acondicionado, sin embargo, varios vecinos han implantado sistemas de expansión directa de tipo Split (dato facilitado a través de las encuestas realizadas a los usuarios y de una de las visitas realizadas previas a la declaración del estado de alarma), cuyas unidades exteriores colonizan la fachada del edificio, una actuación que a día de hoy no está permitida por la repercusión que tiene en la imagen del edificio.

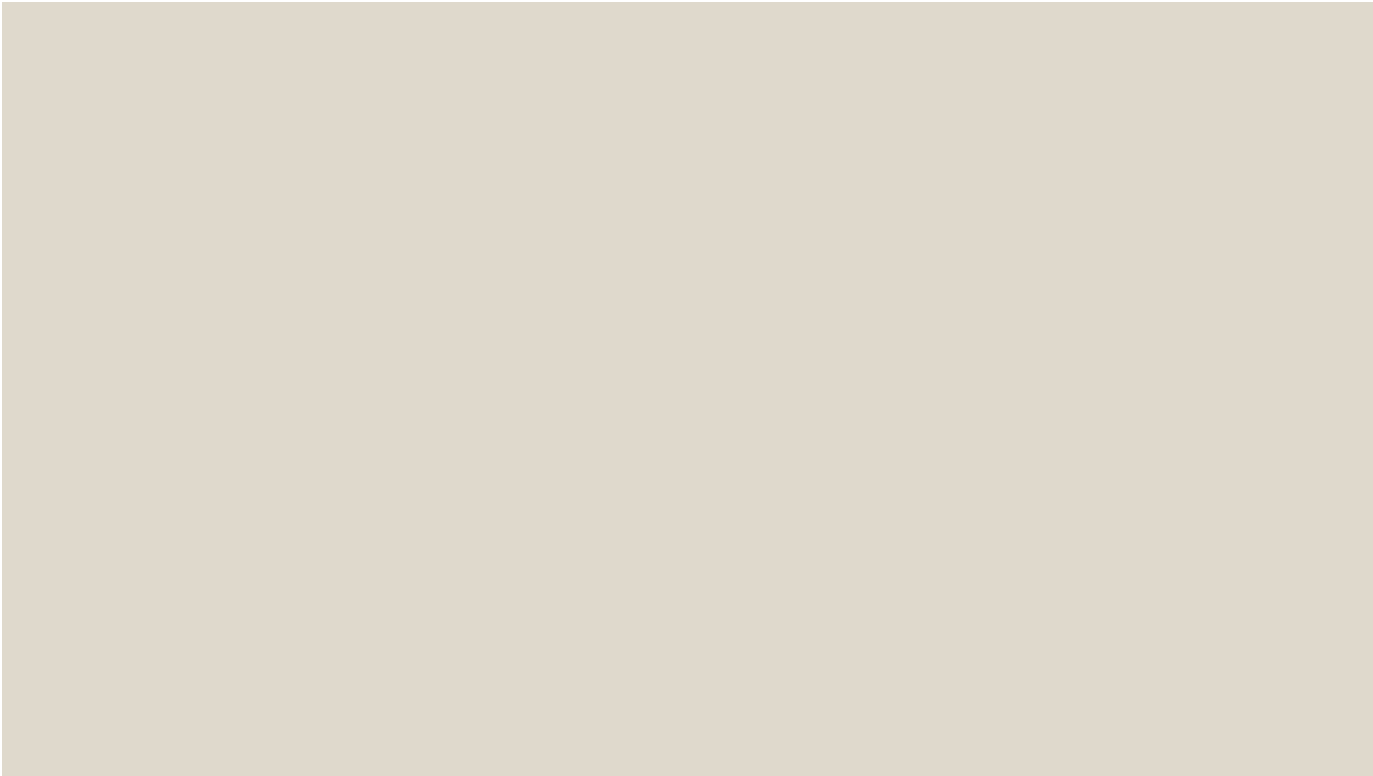
-Iluminación: en cada vivienda se localiza una luminaria en cada estancia, con una potencia máxima de 60 W, según proyecto (VVAA, 1961). Se comprueba que la zona común cuenta con temporizadores que regulan y controlan el funcionamiento de la iluminación, para evitar activaciones permanentes y prolongadas y promocionar la disminución de consumo de energía.

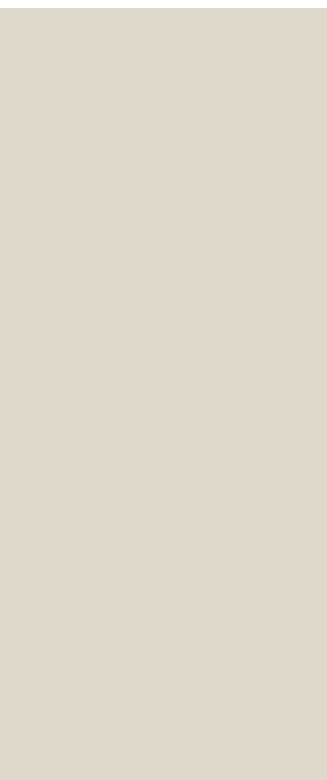




07

DESARROLLO - ANÁLISIS DE DATOS





## 7.1. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO EN ESTADO ACTUAL.

### 7.1.1. CREACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN ENERGÉTICA.

Para determinar el estado actual del consumo energético del edificio se realiza un modelo de simulación en el que se han incorporado todos los parámetros necesarios. Estos parámetros se definen de forma ajustada a la realidad gracias a las encuestas realizadas a los usuarios de las viviendas durante las primeras fases del trabajo, así como los valores necesarios para obtener los parámetros de iluminación y de cargas de refrigeración y calefacción.

Consumo iluminación: 6,64 W/m<sup>2</sup>

VEEI: 13,65 W/m<sup>2</sup>/lux

Carga de refrigeración: 61 kW

Carga de calefacción: 51,52 kW

Se introduce la geometría del edificio, posicionando los diferentes huecos en la envolvente y su configuración constructiva, para lo cual será necesario crear los materiales y determinar las características constructivas propias de la envolvente del edificio. Asimismo, se incorporan los puentes térmicos existentes a partir de la definición de los valores geométricos que se muestran como superficies en el espacio en la fig. 30 y transmitancias térmicas.

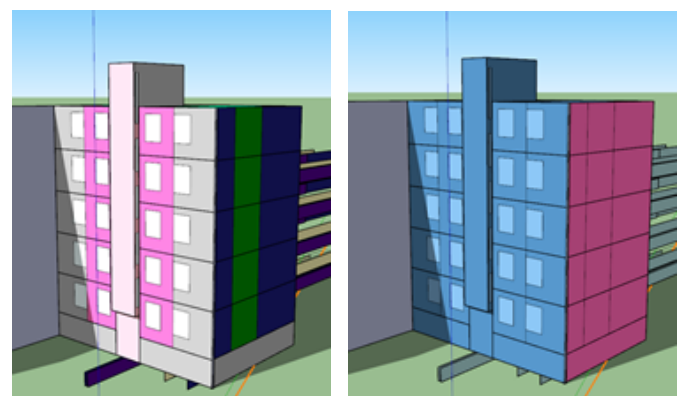
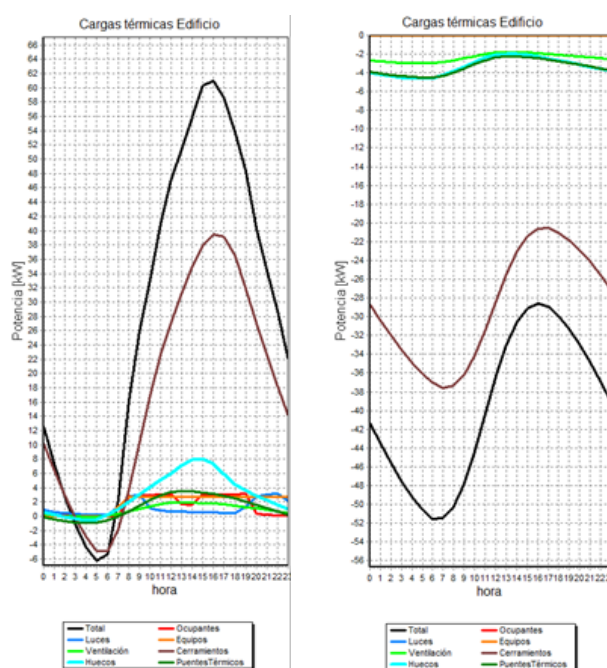


Fig. 29: Gráficas de cargas térmicas de Refrigeración y Calefacción. Fuente: Resultados *Clima*

Fig. 30: Diferentes etapas de construcción del modelo de Simulación Energética: a) Caracterización constructiva y puentes térmicos; b) Superficies emparejadas. Fuente: SG SAVE.

A continuación, se definen las superficies adiabáticas y las que se encuentran en contacto con el exterior. Una vez definidas las características geométricas y constructivas del edificio se procede a insertar la ubicación geográfica, que permitirá dibujar directamente los edificios colindantes que arrojarán sombras al edificio caso de estudio sobre el plano de la ciudad (fig. 31), así como el soleamiento de la zona. Estos parámetros afectarán en gran medida al comportamiento térmico del edificio.

Como último paso en la creación del modelo de simulación energética se procede a la introducción de datos. Se definen la información meteorológica, introduciendo la climatología descargada en la dirección web de EnergyPlus correspondiente a la ubicación, lo que permitirá establecer un rango de temperaturas reales, así como el soleamiento y la radicación solar. Posteriormente se introducen los datos de la ocupación, definiendo los usuarios del edificio en las zonas habitables y los horarios de actividad de los mismos. El programa introduce de forma automática la carga latente y sensible aportada por los habitantes del edificio en función del horario de actividad establecido.

A continuación, se incorporan los datos que definen el consumo del edificio. Se introduce la demanda de ACS, los datos de los equipos en relación al consumo de energía y el horario de funcionamiento, así como el consumo de la instalación de iluminación, calculado con el programa *DIALux* (2014).

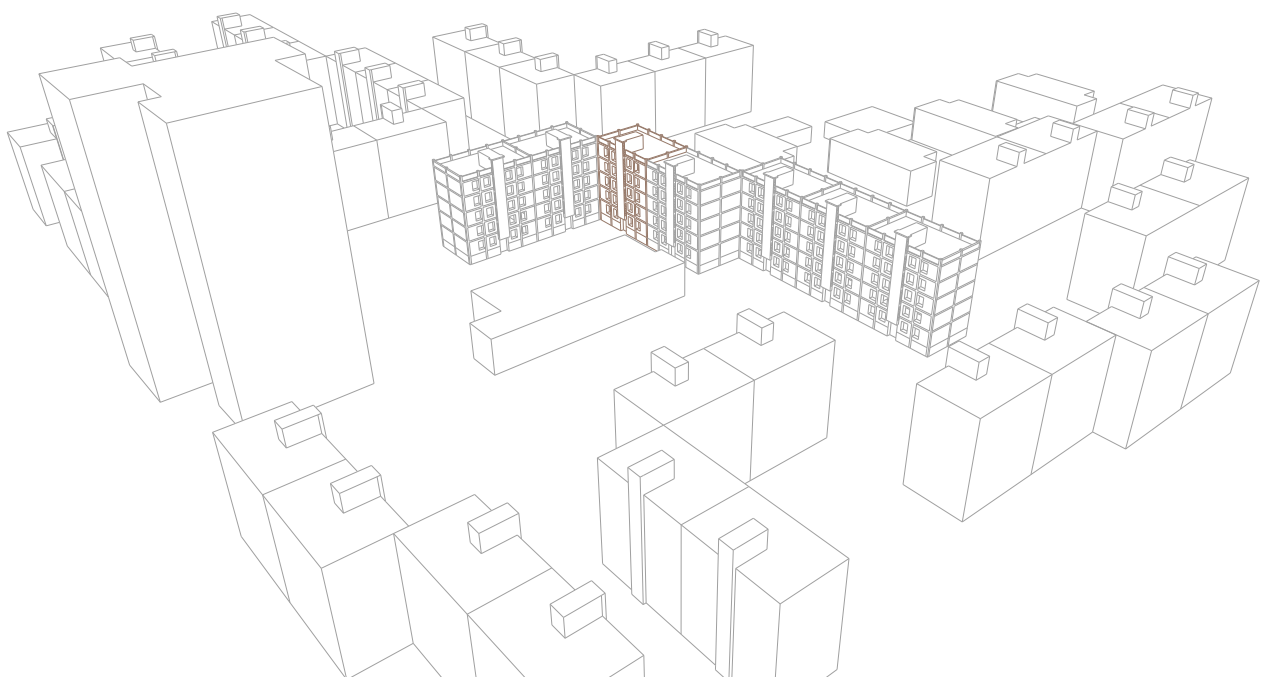


Fig. 31: Edificio caso de estudio con edificios colindantes  
Fuente: Elaboración propia.

### 7.1.2. CÁLCULO DE LA SIMULACIÓN ENERGÉTICA Y CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO.

Una vez definidos todos los parámetros necesarios se procede a verificar el comportamiento energético del edificio en el estado actual según los parámetros del HE1 (CTE, 2006), de la cual obtenemos los siguientes resultados (fig. 32).

La Demanda Conjunta del edificio objeto no cumple con el valor límite implantado al edificio objeto de estudio para cumplir con las exigencias del HE1, con lo cual, las demandas de calefacción y refrigeración se encuentran muy lejos de los valores exigidos actualmente, con un consumo de 52,41 kWh/m<sup>2</sup> y 64,78 kWh/m<sup>2</sup>, respectivamente (fig. 33).

Tras la creación del modelo de referencia y la verificación del HE1, se procede a realizar la verificación del HE0 y obtener la calificación energética del edificio caso de estudio:

La calificación energética se evalúa en un rango que oscila de la letra "A" a la "G", siendo la calificación "A" la más eficiente. Como se observa en la fig. 33 esta calificación se encuentra muy lejos de los rangos eficientes actuales, siendo las emisiones totales de 33,9 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup> año y el consumo total de energía primaria de 147,8 kWh/m<sup>2</sup> año, lo que representa una calificación "E" en ambos casos.

El programa muestra además los resultados de la calificación de emisiones y de energía primaria de todos los elementos que intervienen en la calificación global, como es la calefacción, refrigeración y Agua Caliente Sanitaria (ACS), con una calificación de emisiones "E", "G", "C", respectivamente, tanto en emisiones como en consumo de energía primaria. Se puede comprobar con facilidad los puntos que necesitarán una mejora energética y los que representarán un mayor ahorro.

En la gráfica de la fig. 34 podemos apreciar la relación y valores del consumo de Energía Primaria No Renovable (EPNR) y de las emisiones de gases de CO<sub>2</sub> de calefacción, refrigeración y ACS.

Vemos como los indicadores de calefacción y refrigeración superan con una gran diferencia el resto de las instalaciones y equipos, lo cual se debe a que estas instalaciones demandan en torno al 60% de la energía del edificio, lo que se agrava con la inexistencia de aislamiento térmico en la envolvente del edificio y los numerosos puentes térmicos.

Indicador	Valor	Nota
Calificación emisiones calefacción	11,6 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año	E
Calificación emisiones refrigeración	21,0 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año	G
Calificación emisiones ACS	1,2 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año	C
Calificación emisiones TOTALES	33,9 kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> -año	E
Calificación energía primaria calefacción	57,6 kWh/m <sup>2</sup> -año	E
Calificación energía primaria refrigeración	84,3 kWh/m <sup>2</sup> -año	G
Calificación energía primaria ACS	5,9 kWh/m <sup>2</sup> -año	C
Calificación energía primaria TOTAL	147,8 kWh/m <sup>2</sup> -año	E

Fig. 32: Calificación energética según HEO  
Fuente: Resultados SG SAVE.

**Demanda de Calefacción (kWh/m<sup>2</sup>)**

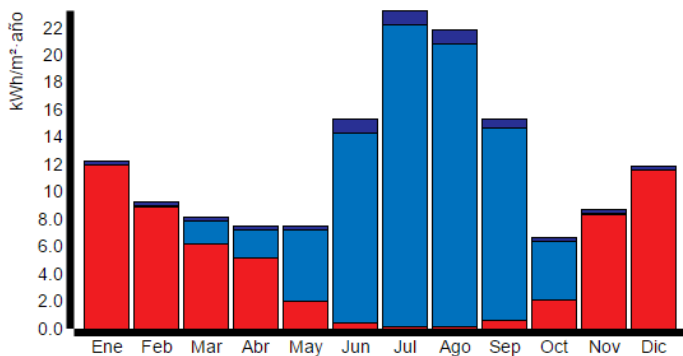
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Calefacción	10,89	8,13	5,6	4,68	1,82	0,37	0,17	0,14	0,55	1,91	7,58	10,57	52,41
Total	10,89	8,13	5,60	4,68	1,82	0,37	0,17	0,14	0,55	1,91	7,58	10,57	52,41

**Demanda de Refrigeración (kWh/m<sup>2</sup>)**

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Total
Refrigeración	—	0,07	1,36	1,61	4,05	10,66	16,92	15,9	10,83	3,29	0,09	—	64,78
Total	—	0,07	1,36	1,61	4,05	10,66	16,92	15,90	10,83	3,29	0,09	—	64,78

Fig. 33: Demanda de Calefacción y Refrigeración según exigencias del HE1  
Fuente: Resultados SG SAVE.

**Energía Primaria No Renovable**



**Emisiones CO<sub>2</sub>**

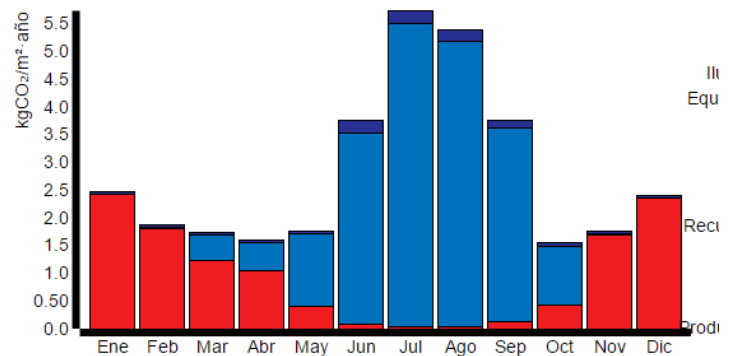


Fig. 34: Gráficas del Consumo de Energía Primaria No Renovable y Emisiones de CO<sub>2</sub> según HEO  
Fuente: Resultados SG SAVE.

### 7.1.3. LOCALIZACIÓN DE DEFICIENCIAS

#### 7.1.3.1. Localización de deficiencias energéticas

Para definir una correcta actuación de rehabilitación energética sobre un edificio existente es necesario conocer cuáles son los puntos que merecen de una actuación y que supongan a su vez una gran repercusión en el comportamiento energético del edificio. Para ello se ha realizado el modelo de simulación energética, del cual se han analizado los indicadores y la eficiencia energética de la EPNR y las emisiones de CO<sub>2</sub>. Gracias a esto podemos evaluar cuáles son los elementos sobre los que se debe intervenir para una correcta y eficiente rehabilitación energética.

Como se aprecia en la calificación energética del edificio, se registra una gran demanda de calefacción y refrigeración, la cual es necesaria para conseguir las condiciones de confort térmico en el interior de las viviendas. La inexistencia de una envolvente con aislamiento térmico supone un incremento en estas demandas, por lo que es necesario disponer al edificio de una actuación que dote la envolvente térmica de cierta capacidad para rebajar las demandas de refrigeración y calefacción.

Además de los muros, los huecos de ventanas generan gran parte de las ganancias y pérdidas de energía calorífica, por lo que influyen en gran medida en el aumento de la demanda de energía de calefacción y refrigeración. Por este motivo será necesario actuar sobre los vidrios y carpinterías del edificio.

Gracias a los resultados de *SG SAVE*, podemos analizar el consumo de las diferentes instalaciones del edificio según el HE, observando como la electricidad supone el mayor valor de consumo en el edificio, con un valor de 90.050 kWh. La demanda de calefacción y refrigeración también suponen un elevado valor de consumo siendo de 29.936 y 88.664 kWh, respectivamente.

Para disminuir el impacto ambiental de estos consumos se buscarán fuentes de energía renovable para proveer al edificio de una producción eléctrica eficiente.

Esta información, sumada a la exposición solar debida a la orientación del edificio, que se muestra en las figs. 34-35, ayuda a seleccionar de forma adecuada el tipo de aislamiento térmico, su grosor y transmitancia térmica, en función de sus pérdidas o ganancias de energía.

Como hemos visto con anterioridad, el consumo EPNR y las emisiones de CO<sub>2</sub> de ACS presentan una calificación "C", con lo cual esta instalación es susceptible de mejorar. Actualmente, el edificio cuenta con una producción basada en depósitos individuales de Gas Butano, por lo que se modificará la producción a una más eficiente de Energía Renovable.

El consumo de iluminación no representa un indicador alto, sin embargo resulta de interés relacionarlo a una producción más eficiente, así como sustituir todas las bombillas por unas de baja emisión y buen comportamiento energético.

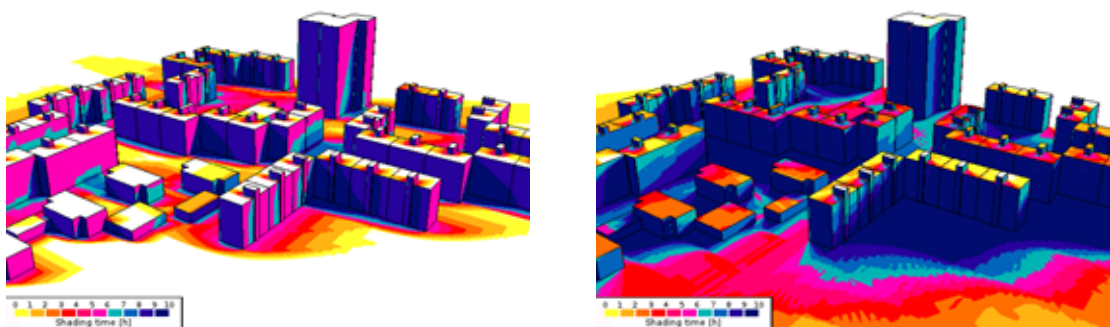


Fig. 35: Horas de exposición solar en la envolvente térmica en dirección Norte.  
Fuente: Skelion.

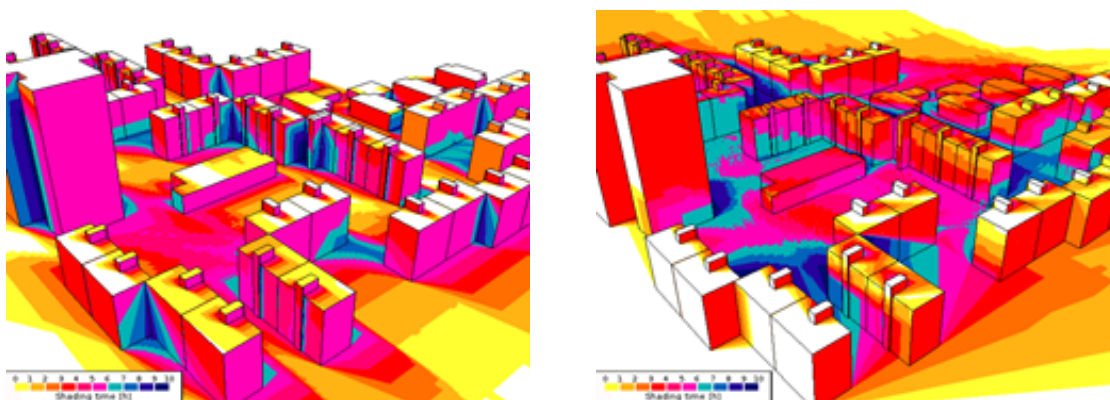


Fig. 36: Horas de exposición solar en la envolvente térmica en dirección Sur.  
Fuente: Skelion.



### 7.1.3.2. Localización de deficiencias en la habitabilidad y autonomía de los habitantes

En este tipo de edificios, las viviendas muestran una deficiencia en la ventilación y renovación del aire interior, lo cual genera condiciones de habitabilidad insalubres durante periodos de tiempo prolongados. Según datos analizados y desarrollados por un estudio de la Universidad de Sevilla (Domínguez, Fernandez-Agüera, Sendra, Roaf, 2018), estas condiciones afectan en mayor medida en invierno, debido a varias circunstancias principales como el incremento de la permanencia de los usuarios en las viviendas con respecto a otras épocas del año, las bajas temperaturas interiores, la poca ventilación natural y limitada disponibilidad de equipos de tratamiento térmico del aire.

Para evitar que se generen este tipo de problemas y participar en la mejora de la habitabilidad se generarán actuaciones pasivas y activas que promuevan la mejora de la calidad del aire interior.

Otra de las deficiencias localizadas en el edificio es la accesibilidad a las viviendas, ya que el caso de estudio, así como la mayoría del parque residencial construido en el siglo XX no dispone de ascensor y el núcleo de escalera cuenta con unas dimensiones mínimas que limitan e incluso paralizan la movilidad y autonomía de los habitantes. Se dispondrá al edificio de una mejora de la accesibilidad a las viviendas.



## 7.2. ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN.

### 7.2.1. MEDIDAS PASIVAS.

En primer lugar se definirán una serie de actuaciones pasivas que ayudarán en gran medida a la mejora de la calificación energética del edificio caso de estudio. Su impacto e idoneidad se evaluará de forma independiente donde se analizará su impacto y rentabilidad. La metodología elegida es causa de estar trabajando con edificios de vivienda social, donde la adaptación de todas las medidas posibles de soluciones pasivas puede ser irreal, se pretende así establecer una serie de datos que informen de las mínimas actuaciones a realizar para convertir un edificio obsoleto en uno eficiente energéticamente.

#### 7.2.1.1. Mejora de Vidrios y Carpinterías

Los huecos de ventana con los que cuenta el edificio son los originales del proyecto. Están compuestos por un sistema de vidrio simple y marco de aluminio sin rotura de puente térmico. Este tipo de materiales supone más pérdidas de energía que ahorro, por lo que representa un punto importante en el que actuar a la hora de realizar una rehabilitación energética.

Para contribuir al ahorro energético del edificio y mejorar sus condiciones de confort térmico y ambiental, se decide realizar y comprobar una mejora en la composición de los huecos de ventana, sustituyendo los actuales por unos con mejor comportamiento energético.

Se reemplaza el vidrio simple actual, que cuenta con una transmitancia térmica de  $5,7 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  y un factor solar de 0,85, por un vidrio tipo CLIMALIT con marco con rotura de puente térmico, con una transmitancia térmica de  $1,3 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  y un factor solar de 0,29.

Se reduce la transmitancia térmica un 77%



Fig. 37: Localización de puntos de actuación en fachada Suroeste.  
Fuente: Elaboración propia.

En cuanto a la calificación por emisiones (fig. 38) vemos como los valores han bajado con respecto al modelo de simulación del edificio en su estado real. Las emisiones de calefacción han bajado de 11,6 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año a 9,2 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año, reduciendo además el rango de calificación de una letra "E" a una "D". Las emisiones de refrigeración también han experimentado una bajada en su valor, ya que en el modelo real eran de 21 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año y tras la mejora en los huecos supone un valor de 15,9 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año, sin embargo, el valor en la calificación energética se mantiene en una letra "G", ya que, aunque la bajada es importante no se considera suficiente para mejorar la eficiencia del edificio. El valor en las emisiones de ACS continúan igual, siendo de 1,2 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año y una calificación energética "C".

Así pues, las emisiones totales de CO<sub>2</sub> tras la intervención han pasado de 33,9 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año a 26,4 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año y una calificación energética constante "E".

Con respecto al consumo de energía primaria (fig. 39) podemos observar también una bajada en los valores con respecto al modelo de simulación del edificio en su estado real. El consumo de energía primaria de calefacción ha experimentado una bajada hasta un valor de 45,7 kWh/m<sup>2</sup>·año, cuando representaba un valor de 57,6 kWh/m<sup>2</sup>·año, esto hace que la calificación energética tras la intervención, con respecto a la calefacción haya pasado de "E" a "D". El valor en el consumo de energía primaria de refrigeración también se ha reducido, marcando 64,0 kWh/m<sup>2</sup>·año, mientras que en el modelo actual representaba un valor de 84,3 kWh/m<sup>2</sup>·año, sin embargo, la calificación energética continúa siendo "G". El valor en el consumo de energía primaria de ACS se mantiene sin cambios, siendo de 5,9 kg kWh/m<sup>2</sup>·año y una calificación energética "C".

Tras la intervención en los vidrios y marcos de ventana comprobamos como el valor de la calificación de consumo de energía primaria total ha rebajado su valor de 147,8 kWh/m<sup>2</sup>·año a 115,6 kWh/m<sup>2</sup>·año. Sin embargo, la calificación continúa siendo "E".

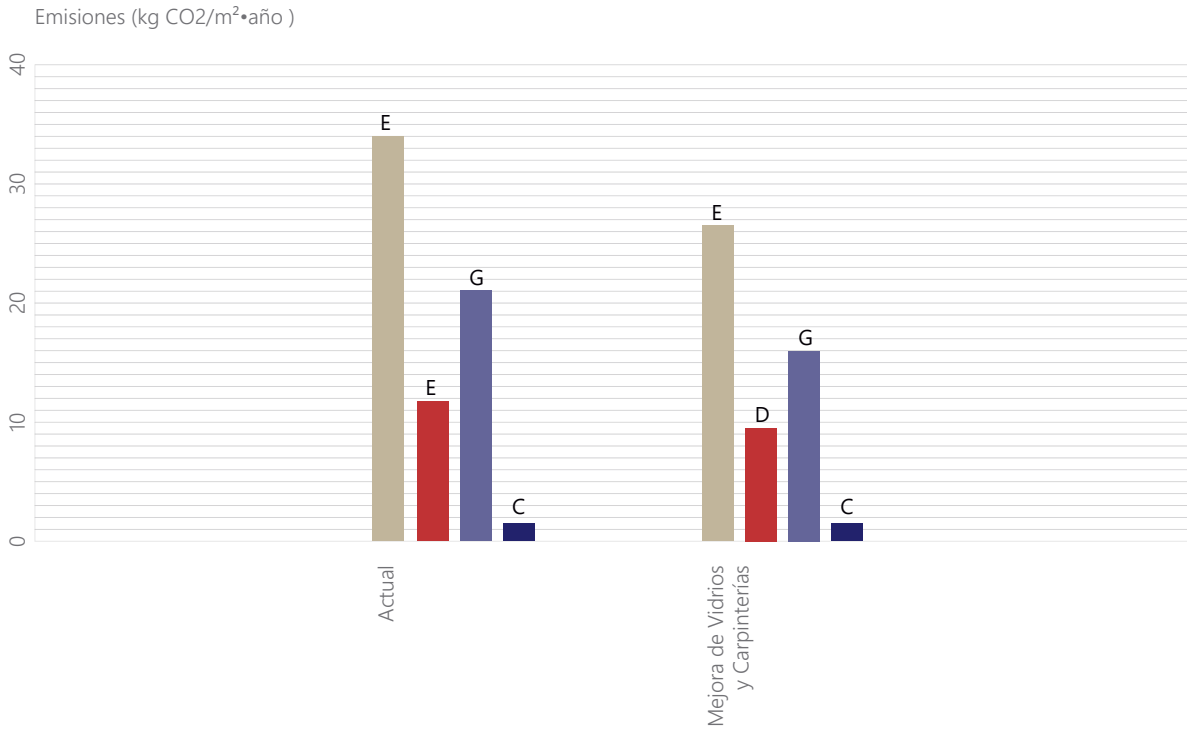


Fig. 38: Gráfica de relación entre los valores de emisiones  
Fuente: Elaboración propia.

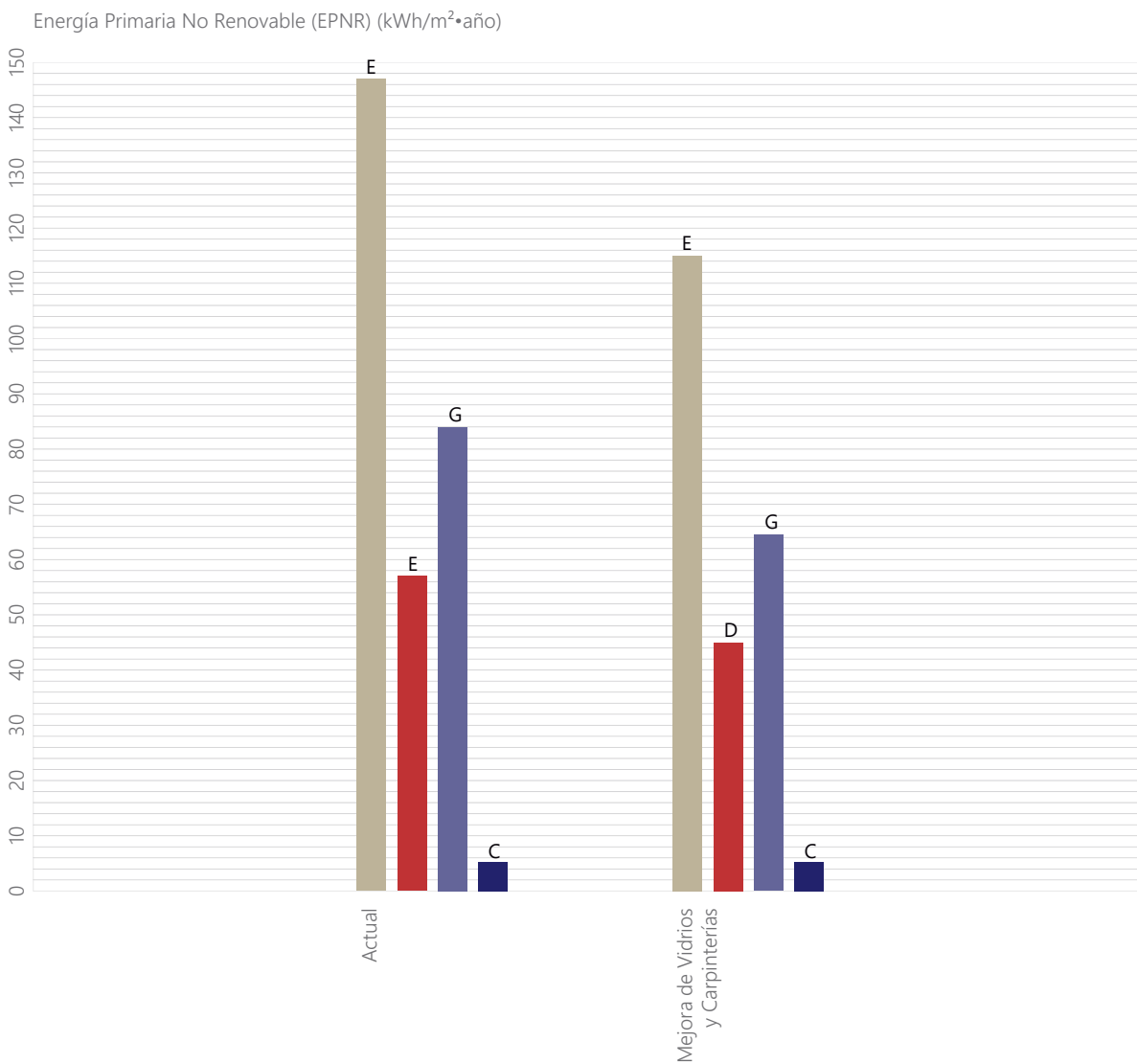


Fig. 39: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable  
Fuente: Elaboración propia.

- Valores TOTALES
- Valores CALEFACCIÓN
- Valores ACS

El consumo de energía final de Calefacción supone un ahorro del 20,6 %, el de Refrigeración del 24%, mientras que los consumos de Equipos, ACS e Iluminación no se ven afectados por las medidas pasivas, por lo que no se verán reflejados en la Tabla 07. Es una medida con importante repercusión en los valores de consumo de refrigeración y calefacción ya que el consumo de energía final bajaría de 211.811 kWh al año a 185.937 kWh al año, lo que supone una media de 18.593,7 kWh al año para cada vivienda. Este valor aún se encuentra lejos de lo estipulado en el proyecto SECH-SPAHOUSEC (Proyecto SECH-SPAHOUSE), pero considera una reducción importante en el valor inicial.

Tabla 07: Consumo de Energía Final según servicios. Mejora de Vidrios y Carpinterías.  
Fuente: Elaboración propia.

		Consumo Actual (kWh)	Consumo Actuación (kWh)	Ahorro (%)
Vidrios Carpinterías	Calefacción	51.319	40.731	20,6 %
	Refrigeración	63.428	48.142	24 %
	Consumo TOTAL (R+C)	114.567	88.873	22,5 %

## 7.2.1.2. Mejora de Muro de Cerramiento.

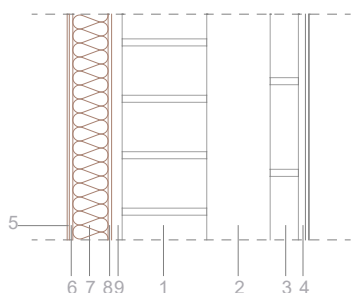
La fachada del edificio cuenta con un tipo de muro, nombrados como "Cerramiento 1", el cual no presenta ningún tipo de aislamiento térmico, lo que hace que las demandas de calefacción y refrigeración se eleven de forma significativa. Para solucionar este problema se ha tenido en cuenta el gran número de puentes térmicos que existen en la fachada del edificio, dispuestos tanto en los frentes de forjados como en los frentes de pilares, las dimensiones mínimas de las viviendas, la cual descarta disponer la solución por el interior, y la continua interrupción de la cámara de aire debido a la diferencia constructiva de los muros de cerramiento y los encuentros con forjados y pilares.

Por estas razones se decide incrementar la capacidad térmica de la fachada disponiendo un aislamiento por el exterior tipo SATE (fig. 41) que recoja todos los puentes térmicos y los elimine y que, además, no reste espacio interior a las viviendas. Por tanto, se reduce la transmitancia térmica del "Cerramiento 1" a  $0,37 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  (el valor orientativo según el HE es  $0,38 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$  para muros de cerramiento y la zona climática donde nos encontramos), lo que supone una disminución del 77%.

Fig. 40: Localización de puntos de actuación en fachada Suroeste.  
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 41: Detalle Muro de Cerramiento tras la intervención. Escala 1:10.  
Fuente: Elaboración propia.



1. Fábrica de ladrillo cerámico macizo, Tipo HD, Categoría II. (e= 0,24 x 0,12 x 0,08 m). Tomado con Mortero de Cemento M7,5.
2. Cámara de Aire Sin Ventilar (e=0,09 m).
3. Fábrica de ladrillo cerámico hueco simple, Tipo LD, Categoría II. (e= 0,24 x 0,12 x 0,04 m). Tomado con Mortero de Cemento M7,5.
4. Mortero de Cal CS III-W1 y Enlucido de Yeso YG/L ó B1 (e=0,015 m).
5. Pintura Mate Mineral Coloreada al Silicato de Potasio, Color Blanco, R03 (e=0,003 m).
6. Mortero polimérico regularizador y adhesivo de placa termoaislante (e=0,005 m).
7. Aislante térmico de lana de roca (e=0,05 m)  $\lambda=0,036 \text{ W/m} \cdot \text{K}$  (ISOVER).
8. Mortero polimérico regularizador y adhesivo de placa termoaislante (e=0,005 m).
9. Yeso de protección proyectado aligerado con perlita, YA, YPM ó B4 (0,015 m).

La calificación por emisiones experimenta una bajada significativa con respecto al modelo de simulación del edificio en su estado real. Las emisiones de calefacción han bajado en un 23,3%, reduciendo además el rango de calificación de una letra "E" a una "D". Las emisiones de refrigeración también bajan su valor, tras la mejora supone una reducción del 11,9%, manteniendo el rango de calificación "G". El valor en las emisiones de ACS continúa igual.

Así pues, como podemos observar en la fig. 42, las emisiones totales de CO<sub>2</sub> tras la intervención han pasado de 33,9 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año a 27,4 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año reduciéndose en un 19,2%. Esta reducción supone una medida interesante en la mejora del comportamiento energético de edificio, además de las condiciones de confort de las viviendas.

Con respecto al consumo de energía primaria podemos observar también una bajada de los valores en comparación con modelo de simulación del edificio en su estado inicial, el cual presenta una reducción en los valores de calefacción del 24% y una bajada del 11,8% respecto a los valores de refrigeración. Sin embargo, solo la calificación de calefacción eleva el rango de calificación energética a una letra "D". Tras la intervención en muros de cerramiento comprobamos en la fig. 43 como el valor de la calificación de consumo de energía primaria total ha rebajado su valor de 147,8 kWh/m<sup>2</sup>·año a 118,2 kWh/m<sup>2</sup>·año, suponiendo una reducción del 20%. Sin embargo, la calificación continúa siendo "E".



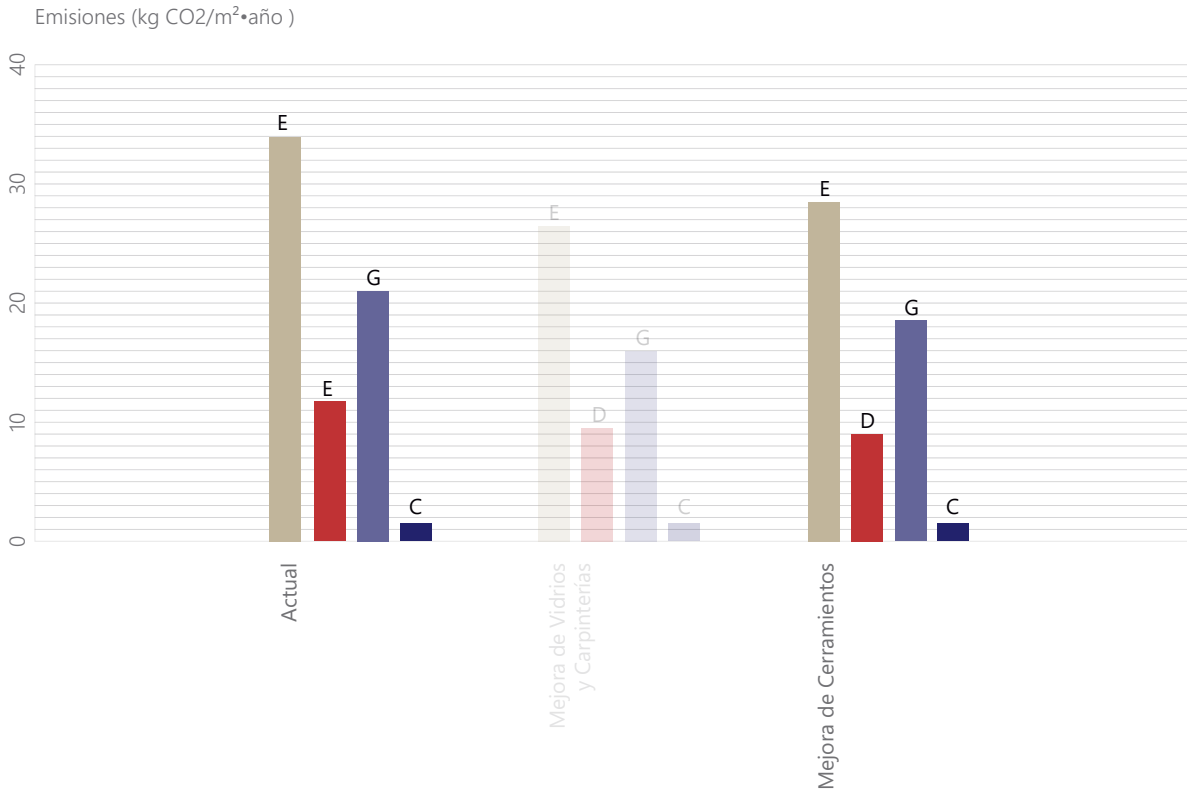


Fig. 42: Gráfica de relación entre los valores de emisiones  
Fuente: Elaboración propia.

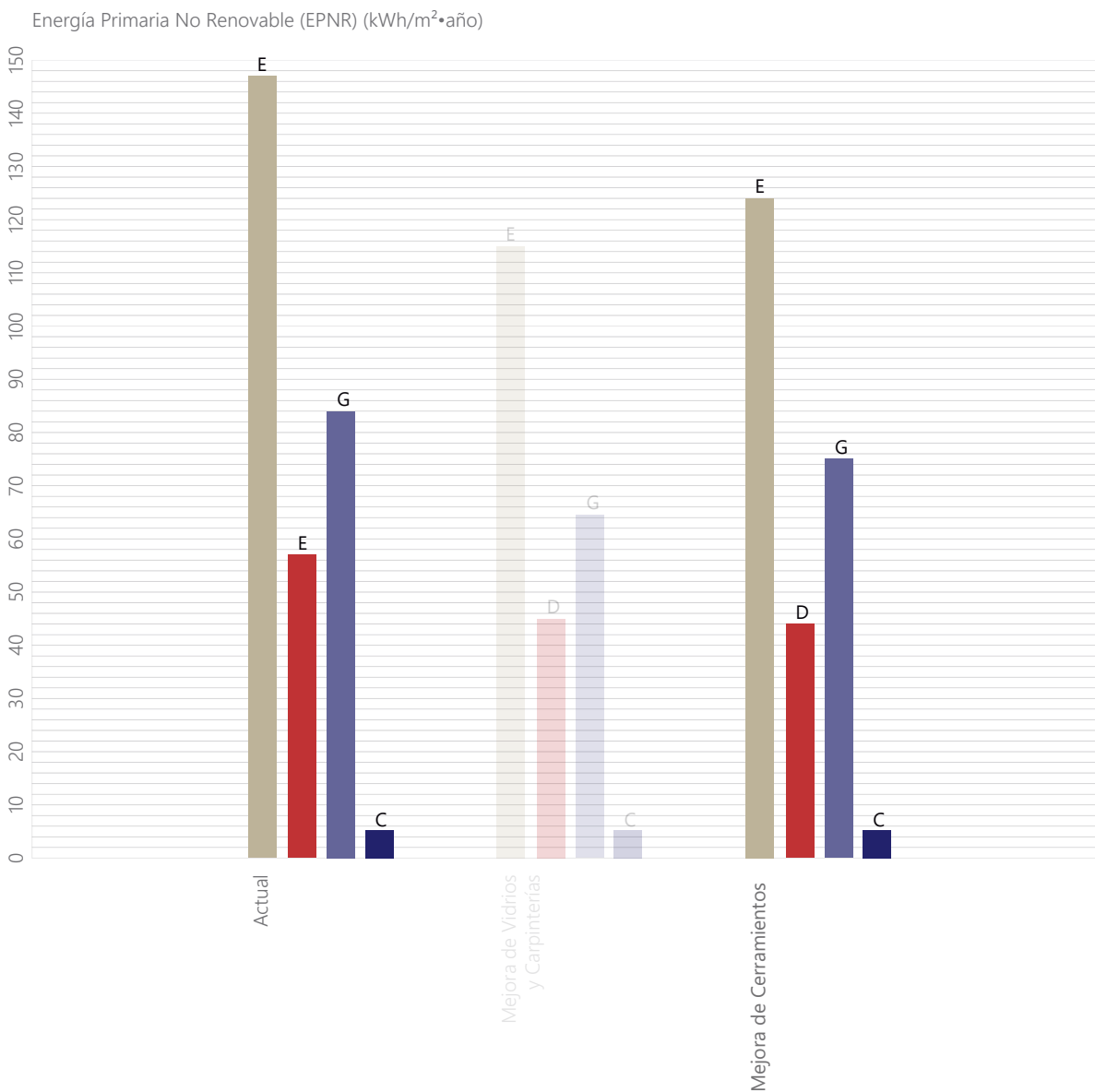


Fig. 43: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable  
Fuente: Elaboración propia.

- Valores TOTALES
- Valores CALEFACCIÓN
- Valores ACS

El consumo de energía final de Calefacción supone un ahorro del 29 % y el de Refrigeración del 13 %. Es una medida con importante repercusión en los valores de consumo de calefacción, sin embargo es un poco más bajo para el de Refrigeración. Aun así, el consumo de energía final de ambos servicios, sumando los equipos, iluminación y ACS, bajaría de 211.811 kWh al año a 185.656 kWh al año, lo que supone una media de 18.565,6 kWh al año para cada vivienda. Este valor, al igual que con la medida anterior, aún se encuentra lejos de lo estipulado, pero considera una reducción importante en el ahorro.

Tabla 08: Consumo de Energía Final según servicios. Mejora de Cerramientos.  
Fuente: Elaboración propia.

		Consumo Actual (kWh)	Consumo Actuación (kWh)	Ahorro (%)
Cerramientos	Calefacción	51.319	36.567	29 %
	Refrigeración	63.428	55.025	13 %
	Consumo TOTAL (R+C)	114.567	91.592	20 %

### 7.2.1.3. Mejora de Cubierta

La cubierta del edificio objeto de estudio tiene poca capacidad térmica ya que no dispone de ningún tipo de aislamiento térmico en su configuración. Esto, sumado a la exposición solar durante los meses de verano (fig. 45) configura una superficie de cubierta con gran masa térmica que actúa de forma contraproducente en la demanda de refrigeración.

Para solucionar este problema decidimos dotar a la cubierta de un sistema de aislamiento tipo ISOVER para cubiertas planas transitables que reduzca su transmitancia térmica y mejore las condiciones de confort de las viviendas del edificio (fig. 46).

La transmitancia térmica de la cubierta en su estado inicial es de  $3,67 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ , mientras el valor tras la intervención se reduce a  $0,46 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$ . Por lo que se reduce la transmitancia en un 87.5%.

Fig. 44: Localización de puntos de actuación en fachada Suroeste.  
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 45: Calificación emisiones según HEO  
Fuente: Skelion.

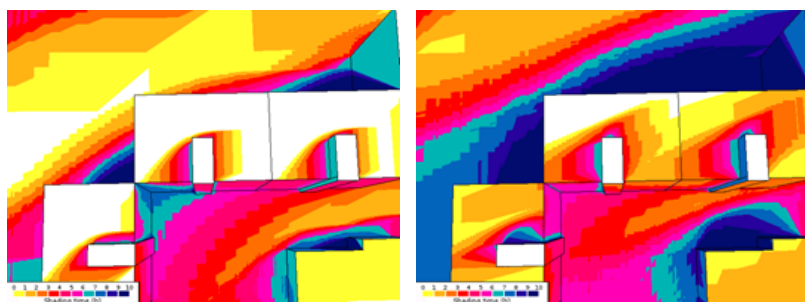
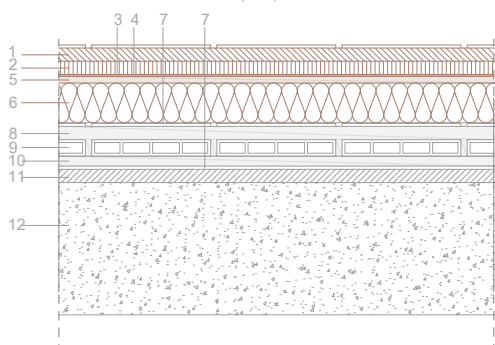


Fig. 46: Detalle Cubierta tras la intervención.. Escala 1:10.  
Fuente: Elaboración propia.



1. Mortero de cemento de agarre M5 ( $e=0,01 \text{ m}$ ) y Solería de gres en Pasta Roja con acabado mate ( $0,60 \times 0,225 \times 0,01 \text{ m}$ ).
2. Mortero de cemento de regularización M7,5 ( $e=0,02 \text{ m}$ ).
3. Lámina geotextil de Poliéster, Geofilm 120 ( $e=0,002 \text{ m}$ ).
4. Lámina Impermeabilizante Bituminosa LBM 30-FV ( $e=0,002 \text{ m}$ ).
5. Mortero polimérico regularizador y adhesivo de placa termoaislante ( $e=0,005 \text{ m}$ ).
6. Aislante térmico de lana de roca ( $e=0,05 \text{ m}$ )  $\lambda=0,036 \text{ W/m} \cdot \text{K}$  (ISOVER).
7. Barrera de Vapor (Lámina Sintética de PVC-P) Gama Amapol 0,8.
8. Mortero de cemento de agarre M5 ( $e=0,01 \text{ m}$ ) y Solería de azulejos con acabado mate ( $0,60 \times 0,225 \times 0,015 \text{ m}$ ). Color Roble.
9. Rasillón rallado cerámico G4, Categoría II ( $0,025 \times 0,11 \times 0,02 \text{ m}$ ).
10. Lámina asfáltica
11. Formación de pendiente de Hormigón Celular (HLE- 25-B-20-IIIa).
12. Forjado Unidireccional de Viguetas Armadas y Bovedillas de hormigón, armado con mallazo de reparto.

La calificación por emisiones (fig. 47) experimenta una bajada con respecto al modelo de simulación del edificio en su estado real. Las emisiones de calefacción presentan una leve bajada del 18 %, reduciendo el rango de calificación de una letra "E" a una "D", mientras que las emisiones de refrigeración superan este valor, reduciéndose en un 39 %, sin embargo, el valor en la calificación energética se mantiene en "G". El valor en las emisiones de ACS se mantiene constante en todas las intervenciones pasivas.

Así pues, las emisiones totales de CO<sub>2</sub>, tras la intervención han pasado de 33,9 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año a 23,6 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año y una calificación energética constante "E".

En este caso, con respecto al consumo de energía primaria (fig. 48) se observa igualmente una disminución con respecto a los valores del edificio en su estado inicial. Se observa una disminución del 22 % del consumo de energía primaria de calefacción, alcanzando valores que suponen una mejora de la calificación energética de "E" a "D". El valor en el consumo de energía primaria de refrigeración también se ha reducido un 10%, sin embargo la calificación continúa siendo "G".

Tras la intervención en muros de cerramiento comprobamos que el valor de la calificación de consumo de energía primaria total ha rebajado su valor un 14%, obteniendo un valor próximo a 127 kWh/m<sup>2</sup>·año. Sin embargo, la calificación continúa siendo "E".

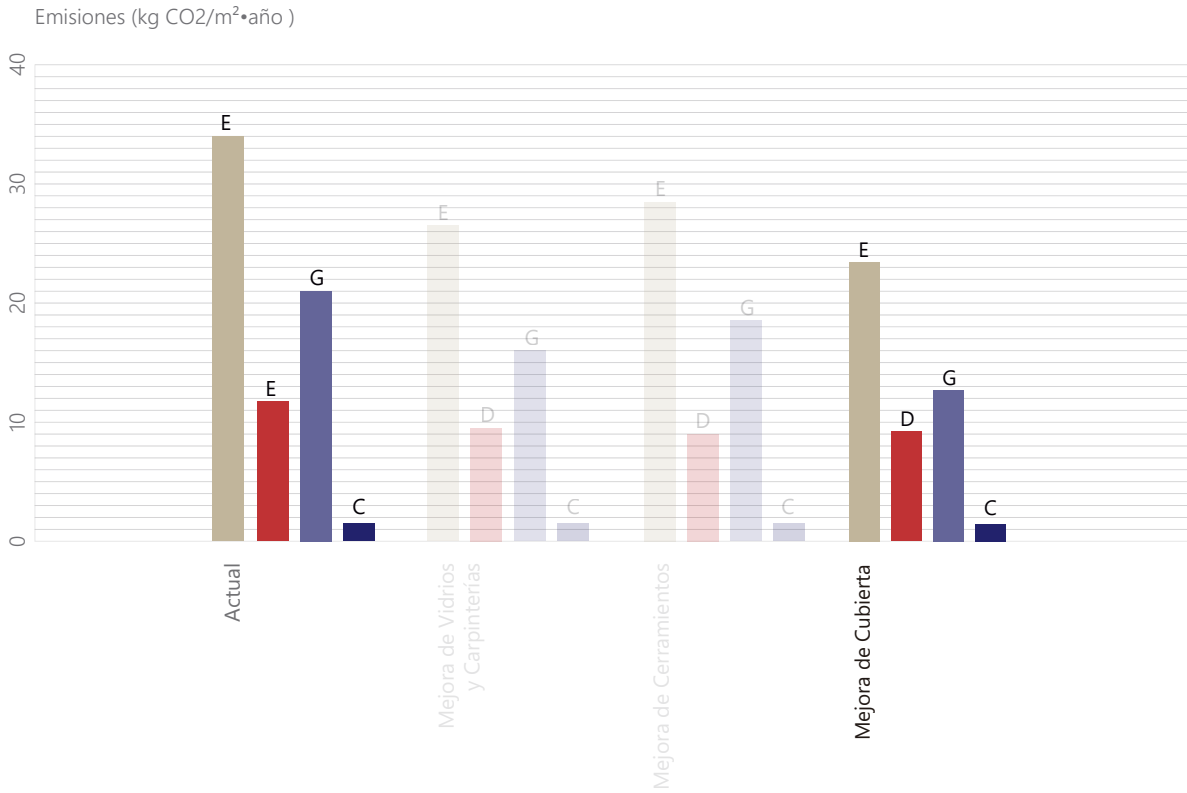


Fig. 47: Gráfica de relación entre los valores de emisiones  
Fuente: Elaboración propia.

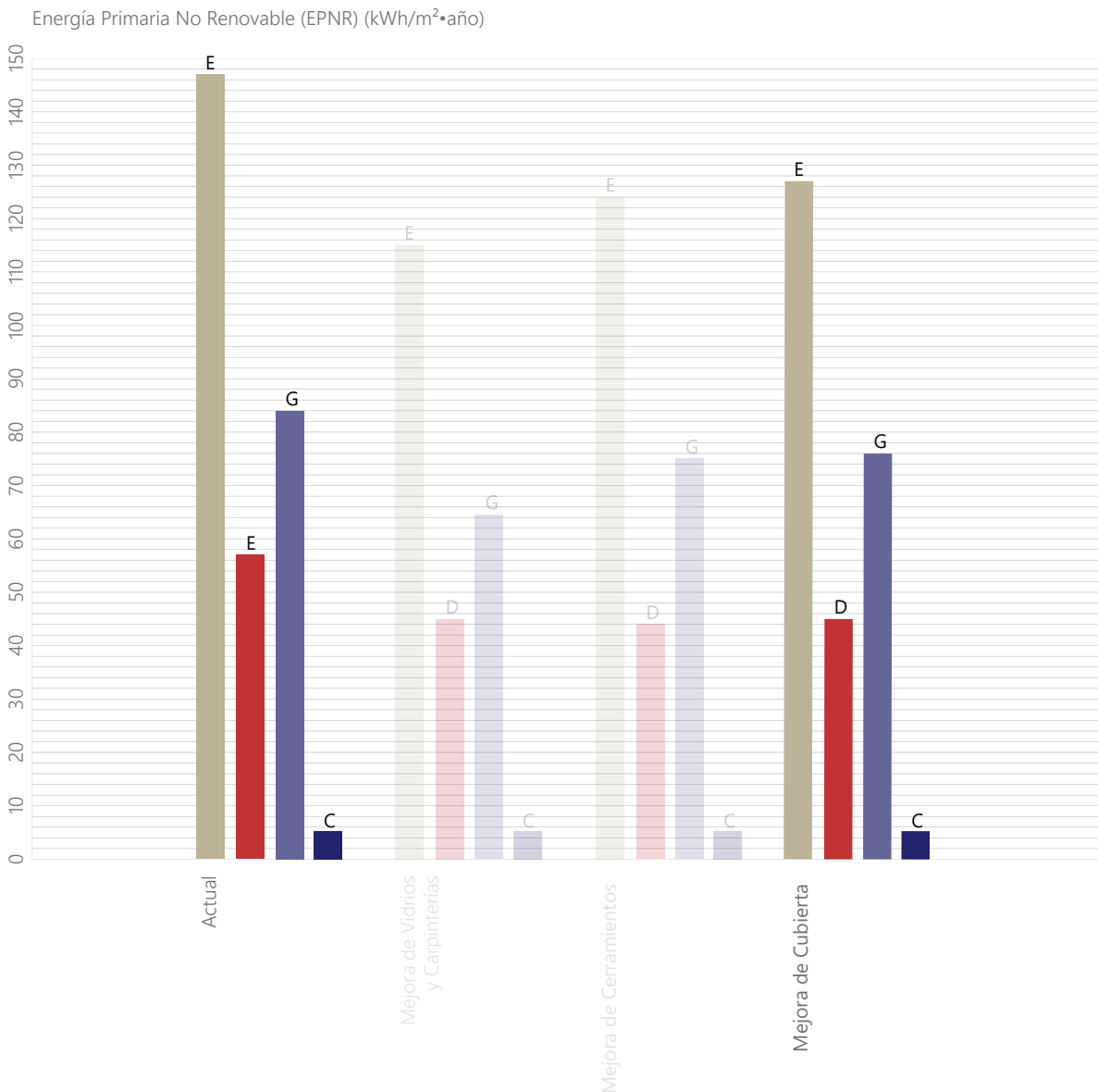


Fig. 48: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable  
Fuente: Elaboración propia.

- Valores TOTALES
- Valores CALEFACCIÓN
- Valores ACS

Como podemos apreciar en la Tabla 09, el consumo de energía final de Calefacción supone un ahorro del 28 %, el de Refrigeración del 39,8 %. Es una medida con importante repercusión en los valores de consumo de calefacción y sobre todo de refrigeración. Con esta medida el consumo de energía final total del edificio bajaría de 211.811 kWh al año a 172.131 kWh al año, lo que supone una media de 17.213,1 kWh al año para cada vivienda. Esta intervención consigue una mayor aproximación que las medidas planteadas anteriormente.

Tabla 09: Consumo de Energía Final según servicios. Mejora de Cubierta.  
Fuente: Elaboración propia.

		Consumo Actual (kWh)	Consumo Actuación (kWh)	Ahorro (%)
Cubierta	Calefacción	51.319	36.892	28 %
	Refrigeración	63.428	38.175	39,8 %
	Consumo TOTAL (R+C)	114.567	75.067	34,5 %

#### 7.2.1.4. Mejora Global de envolvente térmica.

Debido a los resultados obtenidos al comprobar las actuaciones de mejora de muros de cerramientos y eliminación de puentes térmicos, la mejora de vidrios y carpinterías y mejora de la solución constructiva de la cubierta, se decide realizar una comprobación conjunta, uniendo las actuaciones para comprobar el porcentaje de mejora que supone en el comportamiento energético del edificio.



Fig. 49: Localización de puntos de actuación en fachada Suroeste.  
Fuente: Elaboración propia.

La agrupación de estas medidas pasivas supone una gran repercusión en la calificación por emisiones, la cual experimenta una bajada de sus valores con respecto al modelo de simulación del edificio en su estado real. Las emisiones de calefacción han reducido su valor en casi un 75%, cambiando el rango de calificación de una letra "E" a una "B". Las emisiones de refrigeración también bajan su valor, llegando a una reducción del 15 %.

Así pues, como se observa en la gráfica de la fig. 50, las medidas adoptadas favorecen en mayor medida a las emisiones de calefacción. En cuanto a las emisiones de refrigeración vemos como los resultados son más desfavorable en relación a otras medidas dispuestas con anterioridad.

En relación al consumo de energía primaria podemos observar también una bajada en los valores totales y parciales con respecto al modelo de simulación del estado actual. El consumo de energía primaria de calefacción ha bajado en un 75,1 %, por lo que la calificación energética pasa de "E" a "B". El valor en el consumo de energía primaria de refrigeración reduce en menor medida y alcanza un 14,7 %, por lo que su calificación energética continúa siendo "G".

Al igual que en la calificación de emisiones, la calificación de energía primaria no renovable se muestra más desfavorable en relación a la demanda de refrigeración, como podemos observar en la fig. 51.



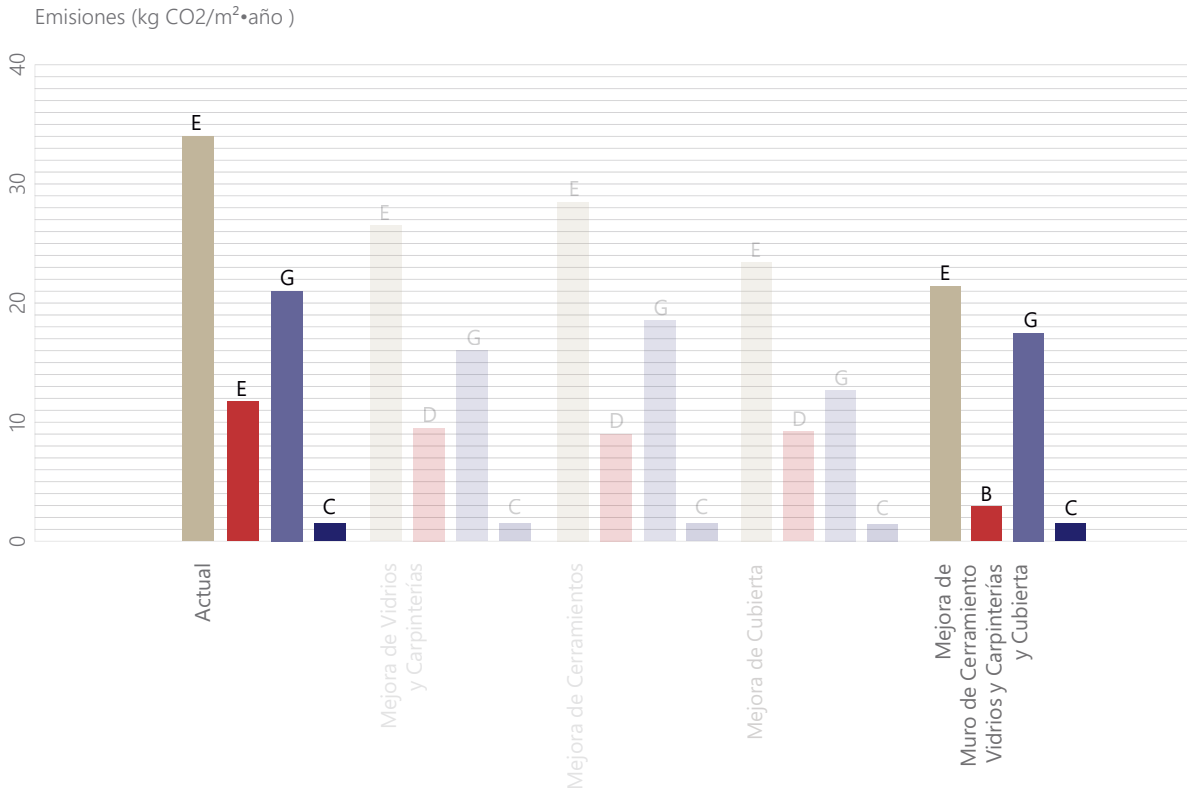


Fig. 50: Gráfica de relación entre los valores de emisiones  
Fuente: Elaboración propia.

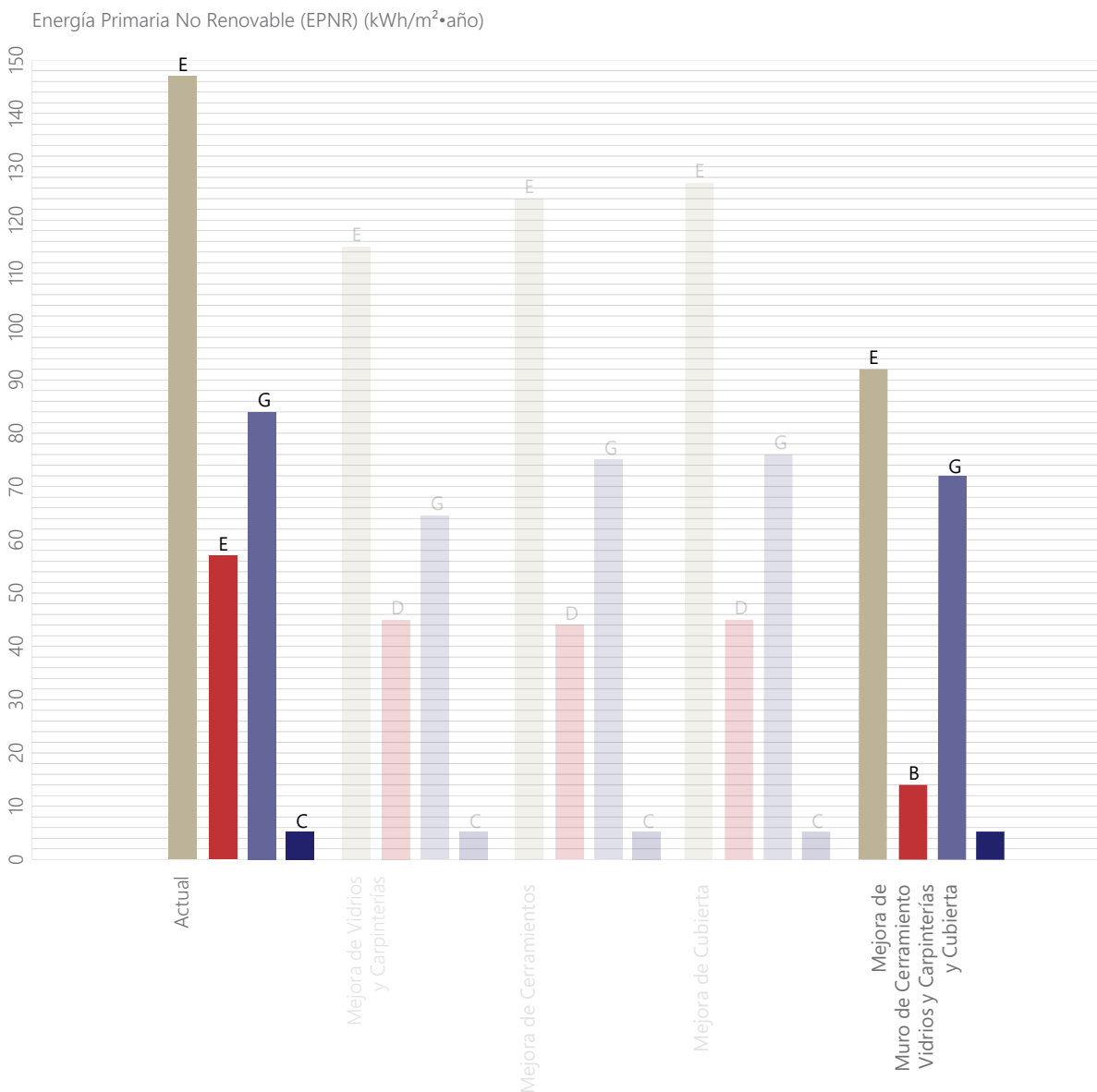


Fig. 51: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable  
Fuente: Elaboración propia.

- Valores TOTALES
- Valores CALEFACCIÓN
- Valores ACS

Como podemos apreciar en la Tabla 10, el consumo de energía final de Calefacción supone un gran ahorro del 75 %, así como un 14,5 % menos en el consumo de energía final de Refrigeración. Es una medida con importante repercusión en los valores de consumo de calefacción ya que, gracias a eso, el consumo de energía final bajaría de 211.811 kWh al año a 163.900 kWh al año, lo que supone una media de 16.390 kWh al año para cada vivienda.

Tabla 10: Consumo de Energía Final según servicios.Mejora global de la envolvente térmica.  
Fuente: Elaboración propia.

		Consumo Actual (kWh)	Consumo Actuación (kWh)	Ahorro (%)
Cerramientos Vidrios-Carpinterías Cubierta	Calefacción	51.319	12.747	75 %
	Refrigeración	63.428	54.089	14,5 %
	Consumo TOTAL (R+C)	114.567	66.836	42 %

### 7.2.1.5. Mejora Global de envolvente térmica y Protección solar en Cubierta.

La cubierta del edificio objeto de estudio es una zona impracticable, debido a la constante exposición a los agentes atmosféricos. Además, se convierte en una superficie con una gran inercia térmica que resulta bastante desfavorable en los meses de verano para la demanda de refrigeración, donde la ciudad alcanza altas temperaturas. Asimismo, en los meses de invierno, debido a la falta de aislamiento térmico, se convierte en una zona con gran problemática para lograr alcanzar el confort térmico de las viviendas, lo que aumenta la demanda de calefacción. En la imagen de la fig. 52 se muestra la exposición al sol que presenta la zona en cuestión.

Para solucionar los problemas que se ocasionan se plantea la implantación de una pérgola de estructura ligera a la altura del castillete (fig. 53), siguiendo con las actuaciones que se han llevado a cabo en diversos edificios del barrio de San Pablo (fig. 54). Asimismo, se plantea como soporte para la colocación de un grupo de placas fotovoltaicas, de forma que se aproveche la máxima radiación solar y toda la superficie de la cubierta.

Esta solución se incorporará a las definidas en el apartado anterior como una superficie de sombra en el modelo de simulación energética, por lo tanto, esta comprobación del comportamiento energético del edificio incluye una mejora de los muros de cerramiento, la eliminación de los puentes térmicos del edificio, la mejora de los vidrios y carpinterías y la condición térmica de la cubierta. Se comprobará la calificación energética y el ahorro en el consumo de energía final de todas las medidas pasivas juntas.

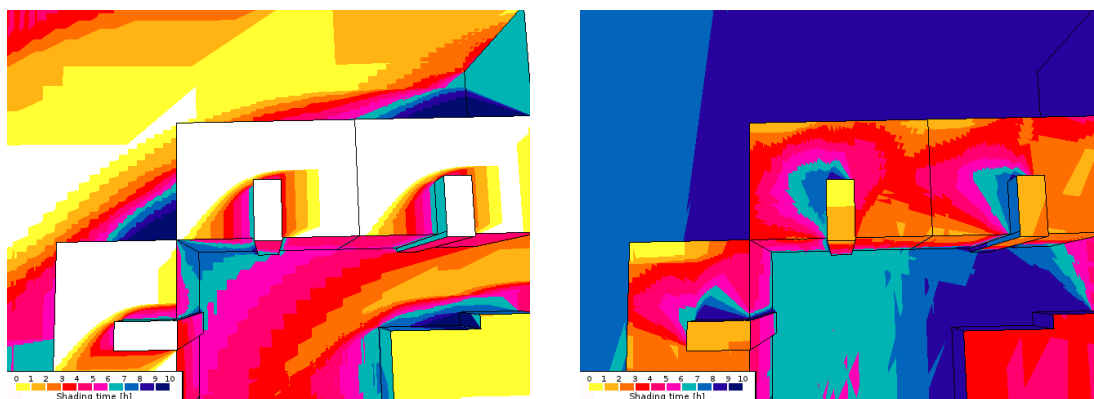


Fig. 52: Horas de sombra en la cubierta del edificio en los meses de Junio y Diciembre.  
Fuente: Skelion.



Fig. 53: Imagen superficie Pérgola caso de estudio  
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 54: Imagen cubiertas de edificios colindantes al caso de estudio  
Fuente: Google Earth

Los valores en la calificación de emisiones no presentan una bajada con gran repercusión como se puede apreciar en la gráfica de la fig. 55. Sin embargo, los valores se reducen y teniendo en cuenta la facilidad en la ejecución y la utilidad que brindaría a la cubierta y al soporte de las medidas activas, se decide tenerla en cuenta a la hora de la comprobación energética.

Experimenta una leve bajada en el valor que corresponde a la demanda de refrigeración ya que aportaría un plano de sombra en los meses de verano, y se reducen de un 17,9 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año a 17,6 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año.

El igual que ocurre en la calificación por emisiones, la reducción en los valores que afectan a la calificación de la EPNR experimenta una leve bajada en comparación a la medida anterior pasa de 92,1 a 91 kWh/m<sup>2</sup>·año (fig. 56). Con respecto al modelo inicial podemos apreciar una bajada en los valores del 38,5%, reduciéndose de 147,8 a 91 kWh/m<sup>2</sup>·año.

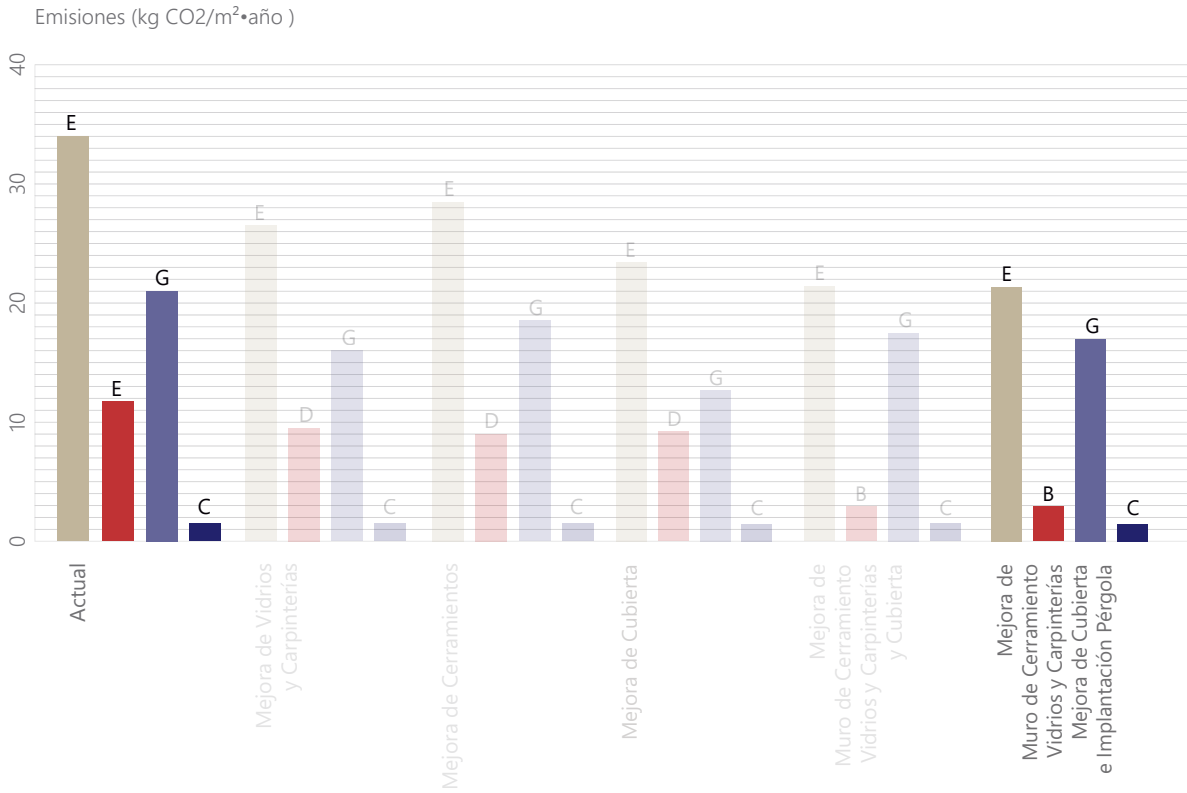


Fig. 55: Gráfica de relación entre los valores de emisiones  
Fuente: Elaboración propia.

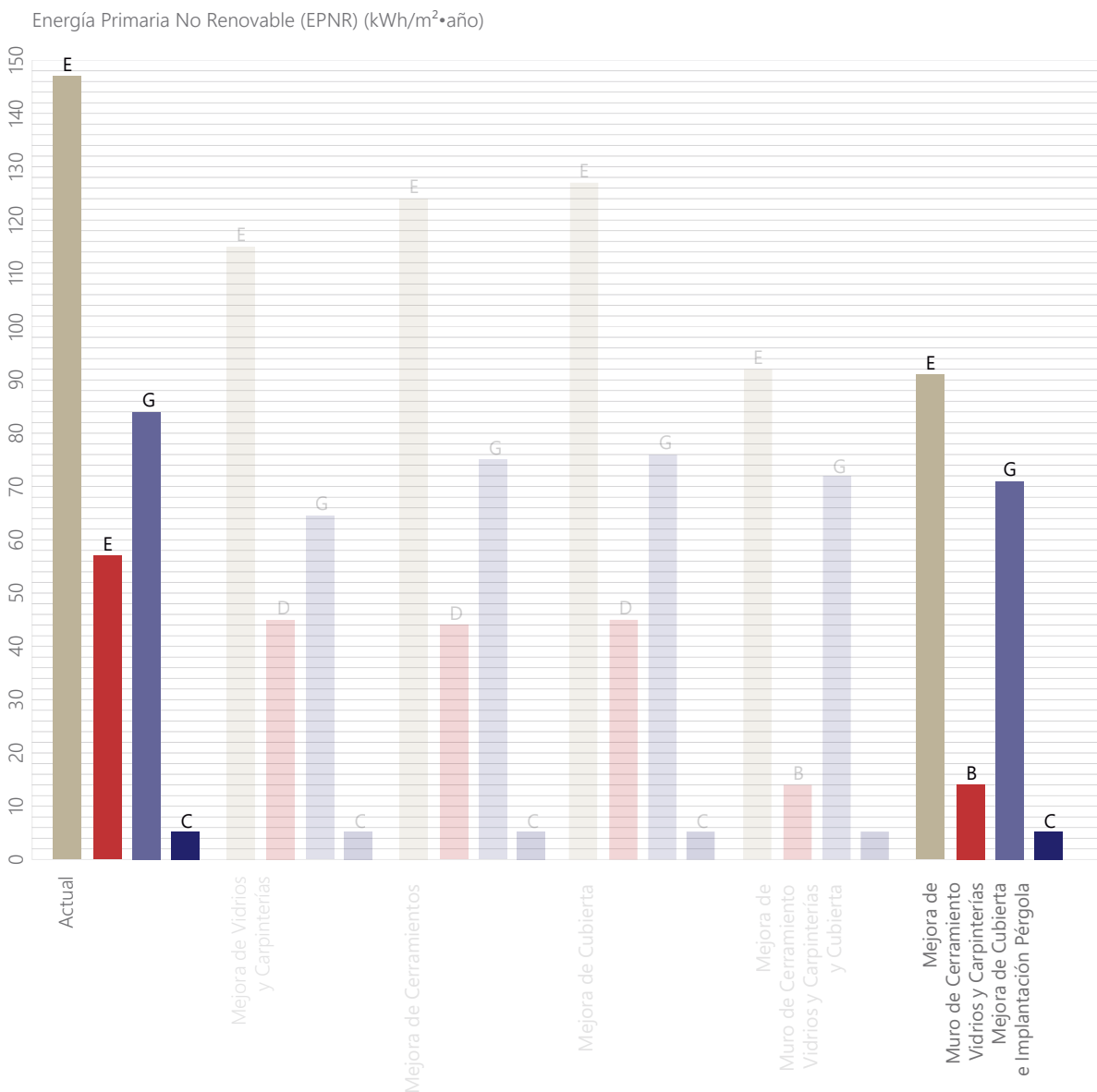


Fig. 56: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable  
Fuente: Elaboración propia.

- Valores TOTALES
- Valores CALEFACCIÓN
- Valores ACS

El consumo de calefacción, como en se puede observar en la fig. 57, experimenta una gran reducción del 75 % mientras que la refrigeración supone una bajada del 16%. La calefacción se mantiene igual que en la comprobación anterior que no incluía la pérgola, sin embargo la refrigeración reduce el ahorro energético en un 2%.

El consumo total de energía fina de la actuación, teniendo en cuenta valores de equipos, iluminación y ACS alcanza la cifra de 163.103 kWh, lo que supone un consumo medio de 16.310,3 kWh al año por vivienda.

Tabla 11: Consumo de Energía Final según servicios.Mejora global de la envolvente térmica y pérgola.  
Fuente: Elaboración propia.

		Consumo Actual (kWh)	Consumo Actuación (kWh)	Ahorro (%)
Cerramientos Vidrios-Carpinterías Cubierta Pérgola	Calefacción	51.319	12.831	75 %
	Refrigeración	63.428	53.208	16 %
	Consumo TOTAL (R+C)	114.567	66.039	42,5 %

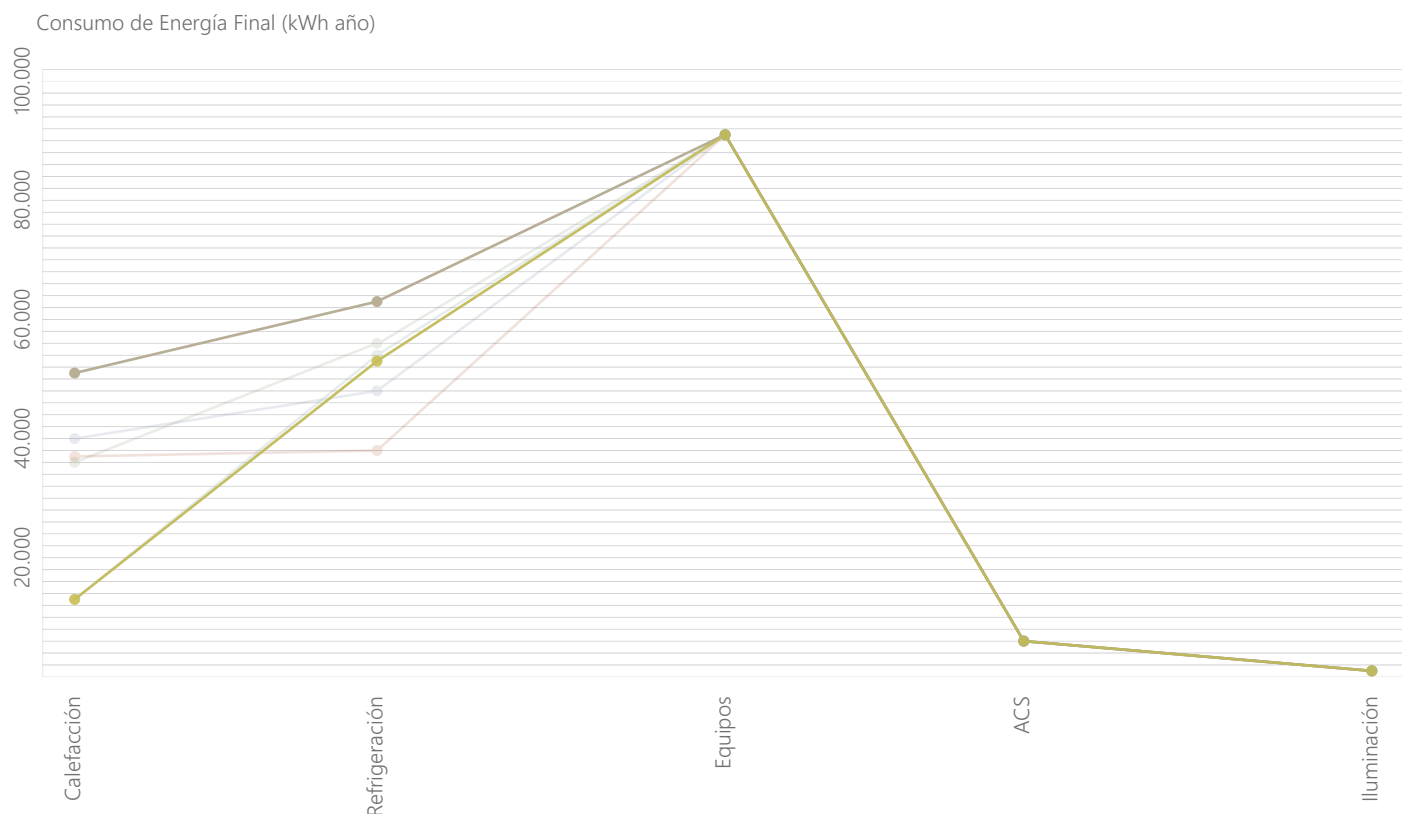
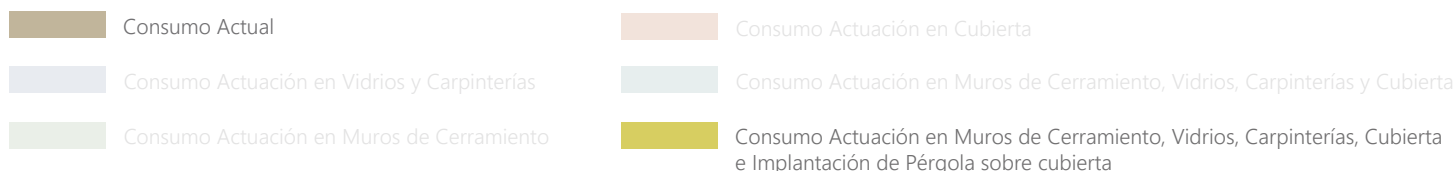


Fig. 57: Gráfica de relación entre los valores de Consumo de Energía Final  
Fuente: Elaboración propia.



#### 7.2.1.6. Conclusiones Medidas Pasivas

A continuación se establecen conclusiones que permiten evaluar la evolución de las emisiones totales de gases de efecto invernadero, los valores de Energía Primaria No renovable, así como el consumo de energía primaria y el porcentaje de ahorro que supone la incorporación de cada una de las medidas.

En las gráficas de la fig. 58 podemos ver cómo se desarrolla la evolución de los valores entre las diferentes actuaciones.

Respecto a las emisiones de CO<sub>2</sub>, podemos apreciar una disminución en los valores con un ritmo más uniforme, en el que, por regla general, la implantación de las mejoras va disminuyendo estos valores. Las mejoras aisladas de los vidrios y carpinterías y de la cubierta presentan una mayor bajada de los indicadores, mientras que la medida de mejora en los muros no presenta unos valores tan eficientes como las ya mencionadas. Las medidas pasivas que acometen varias soluciones tienen buena respuesta, en particular la que engloba todas las soluciones y le suma la implantación de la pérgola. Esta medida reduce los valores en la demanda de refrigeración gracias al aporte de sombra sobre la cubierta en los meses de verano.

En cuanto a la energía primaria, podemos apreciar como el ritmo de la relación de actuaciones no es uniforme y depende de cada una de ellas. La mejora de vidrios y carpintería es la que mejor resultados ofrece cuando nos referimos a medidas aisladas. La actuación que resulta más eficiente en relación a la calificación de la EPNR es la que engloba todas las medidas y, al igual que ocurre con la calificación por emisiones, el apoyo de la pérgola implica una reducción que, aunque con pequeña repercusión sobre el total de los valores, tiene impacto en el comportamiento energético del edificio.

En referencia al ahorro en el consumo de energía final, podemos apreciar en la fig. 59 como todas las actuaciones contemplan un porcentaje de ahorro considerable, siendo el mínimo del 11 %, el cual se traduce en miles de kWh al año. La medida que más reduce el consumo sería la que acoge la mejora la cubierta y la implantación de la pérgola. Sin embargo, cualquiera de las mismas supondría una mejora en las viviendas.



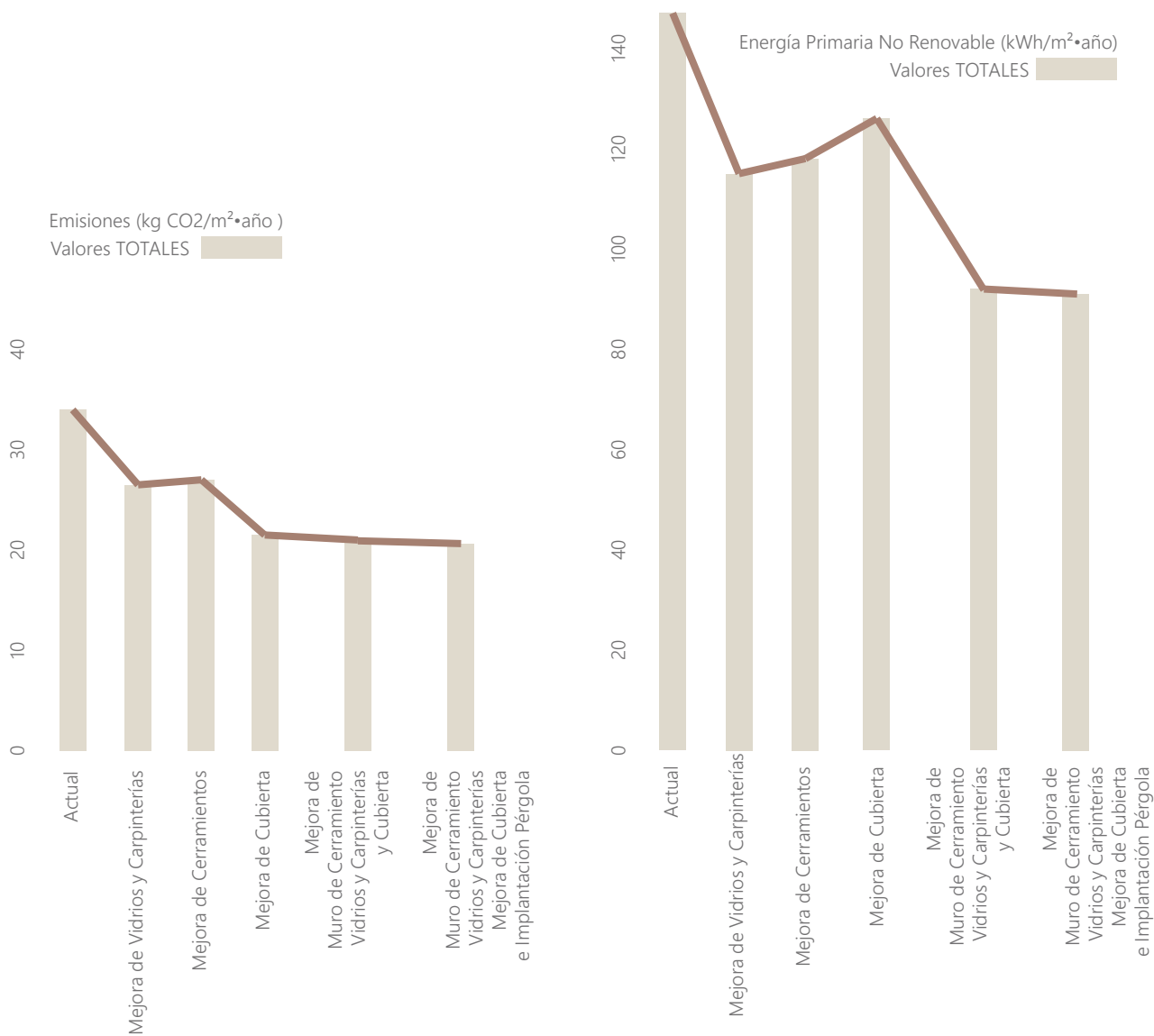


Fig. 58: Gráfica evolución valores que influyen en la calificación energética  
Fuente: Elaboración propia.

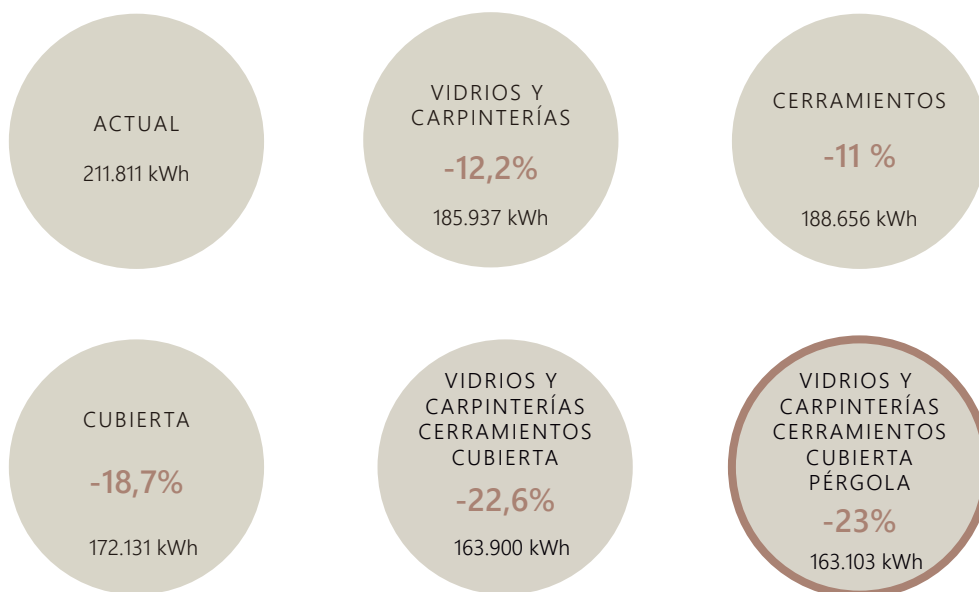


Fig. 59: Gráfico de ahorro de cada medida pasiva en el edificio  
Fuente: Elaboración propia.



### 7.2.2. MEDIDAS ACTIVAS.

Para complementar el estudio sobre la mejora de la eficiencia energética de las viviendas pertenecientes al gran parque residencial construido hace más de 50 años se plantean una serie de estrategias de carácter activo, las cuales, al igual que se ha realizado para las estrategias pasivas, se analizarán de forma individual, estableciendo los parámetros de ahorro que supone cada medida por separado. Todas las medidas implementadas son diseñadas y calculadas para tener cabida en el edificio.

#### 7.2.2.1. Mejora de la Iluminación artificial.

Se lleva a cabo un análisis del sistema de iluminación artificial de la vivienda con el software *Dialux*. Los resultados reflejan una deficiencia del sistema dispuesto actualmente, por lo que se realiza una propuesta de mejora. Para ello, se sustituye la iluminación actual de las viviendas por luminarias LED de bajo consumo, se añaden nuevas 3 luminarias dispuestas en los dormitorios, además de una en la cocina y otra en el salón. (fig. 60). El sistema instalado en las zonas comunes también se sustituye por el mismo tipo de luminaria, sin embargo, el nuevo sistema será conectado a un control de presencia, para fomentar la seguridad y autonomía de los habitantes y para contribuir a la mejora del comportamiento energético del edificio.

El Valor de Eficiencia Energética de la Iluminación (VEEI) se reduce de 13,65 W/m<sup>2</sup>/lux a 1,39 W/m<sup>2</sup>/lux. Comprobamos la aportación de esta medida en el comportamiento energético del edificio con la herramienta *SG SAVE*.

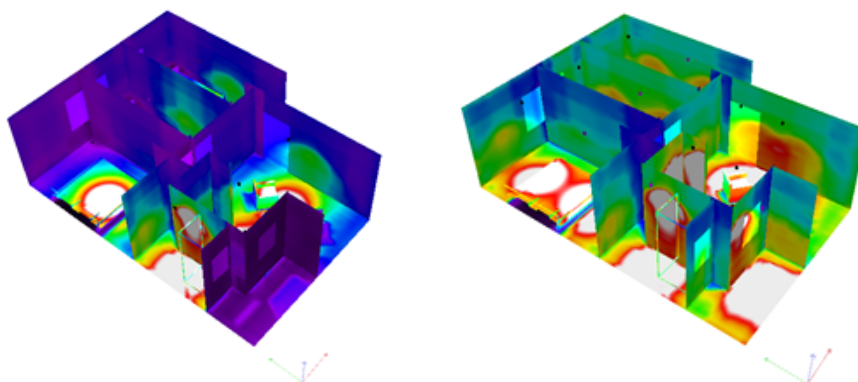


Fig. 60: Mejora de la iluminación. Situación previa y posterior a la intervención.  
Fuente: *Dialux*.

La actuación en la iluminación de las viviendas y la zona común supone una mejora en la calificación de emisiones. La calefacción, reduce los valores en un 45% y de una letra "E" a "D", mientras que la reducción de los valores de refrigeración supone un 8% y mantener la letra "G".

El valor de la calificación total de emisiones se reduce un 20%. Tal como se puede observar en la gráfica de la fig. 61 esta actuación no supone gran reducción de los valores o los rangos de calificación, sin embargo, se trata de una actuación con un mínimo impacto constructivo y económico, por lo que se puede conseguir una reducción de los valores con una actuación muy simple.

La calificación energética en función de la energía primaria experimenta una reducción de los valores similar a la calificación por emisiones. La calefacción se reduce en un 45% y pasa de un rango "E" a "D". Los valores de refrigeración se reducen en tan solo un 7,8%.

Al igual que en la calificación por emisiones, en la gráfica de la fig. 62 podemos preveer que no será la más eficiente, sin embargo la relación de resultados con la actuación hace que sea una medida para mejorar la eficiencia energética a cualquier alcance.

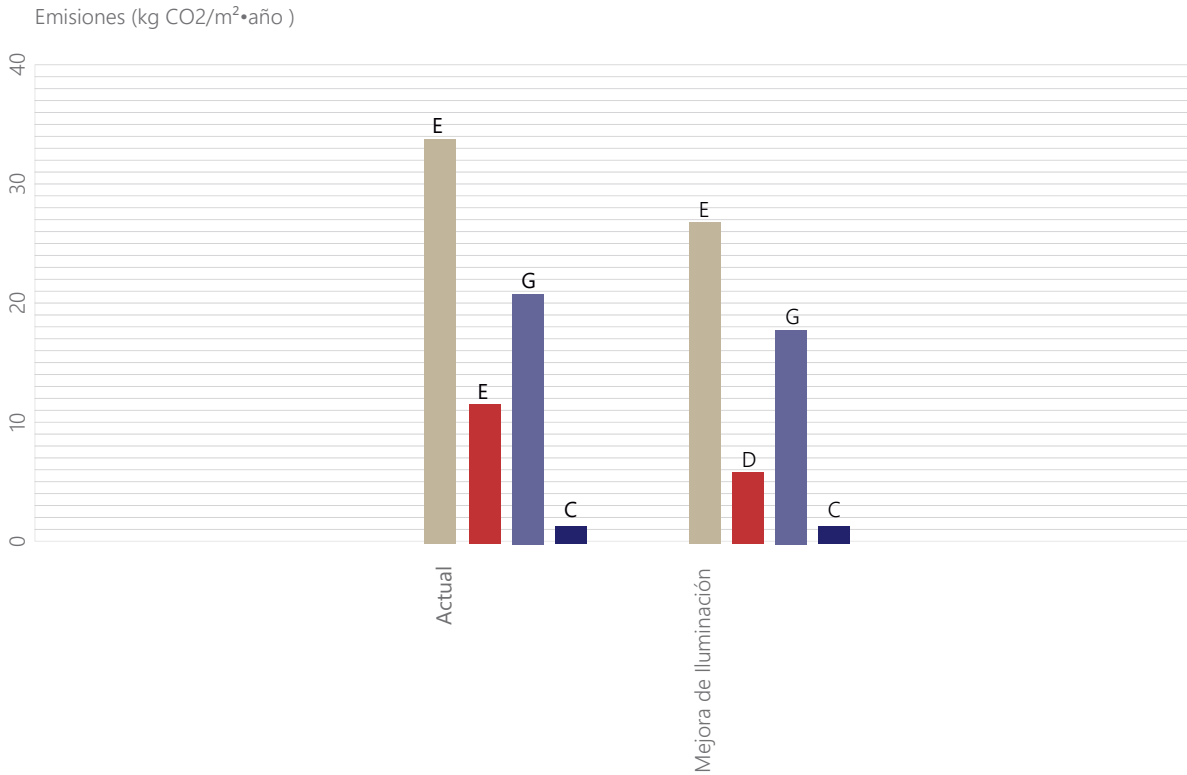


Fig. 61: Gráfica de relación entre los valores de emisiones  
Fuente: Elaboración propia.

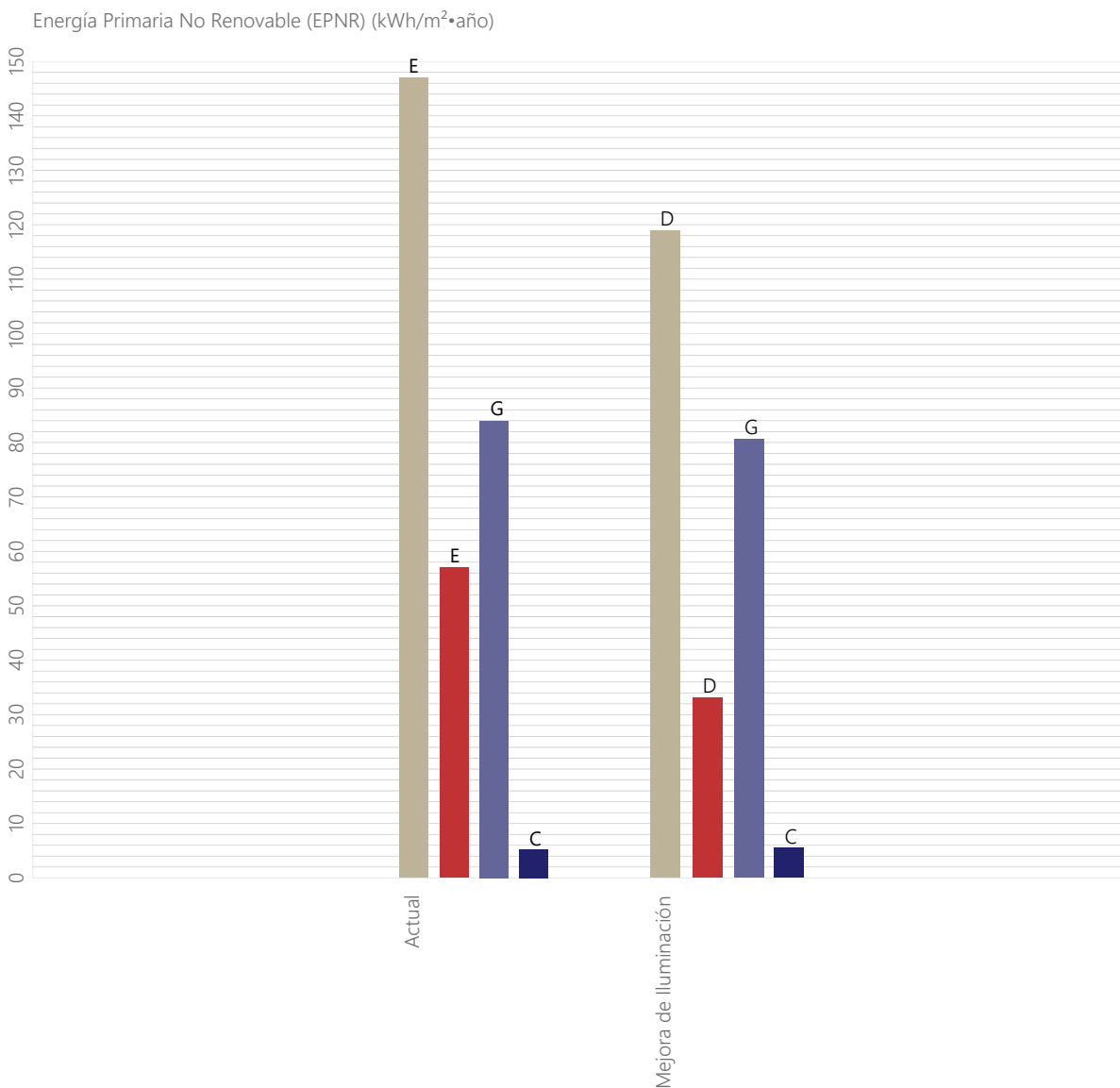


Fig. 62: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable  
Fuente: Elaboración propia.

- Valores TOTALES
- Valores CALEFACCIÓN
- Valores ACS

En resumen, la medida adoptada para mejorar la iluminación interior de las viviendas y la zona común supone una gran reducción del consumo de la demanda de calefacción y de iluminación con respecto al modelo inicial. El consumo total del edificio pasa de 211.811 kWh a 182.553 kWh.

Tabla 12: Consumo de Energía Final según servicios. Mejora de Iluminación.  
Fuente: Elaboración propia.

		Consumo Actual (kWh)	Consumo Actuación (kWh)	Ahorro (%)
Mejora Iluminación	Calefacción	51.319	28.131	45 %
	Refrigeración	63.428	58.450	7,8 %
	Equipos	91.072	91.072	0 %

### 7.2.2.2. Producción Eléctrica.

Como hemos visto anteriormente el consumo de electricidad del edificio supera los 90.000 kWh al año, lo que correspondería a unos 9.000 kWh por cada vivienda.

Para disminuir este valor y reducir el consumo de energía final se incorpora una medida que cambie la producción eléctrica a una fuente renovable, disponiendo placas fotovoltaicas en la cubierta del edificio. Las placas fotovoltaicas generan un circuito que se activa con la captación de protones de la radiación solar, por este motivo es fundamental que se encuentren en completa exposición al sol. Se dispondrán dos soluciones en el edificio, una de ellas recogerá las placas sobre la superficie de la misma cubierta y otra sobre una pérgola proyectada sobre la cubierta del edificio, que permita utilizar la cubierta, hacerla más habitable y sobre la cual se colocarán las placas. Esta segunda opción, aparentemente es más eficiente, ya que con la pérgola se crea un plano en constante exposición solar, por lo que las placas podrían funcionar más horas a lo largo del día, sin embargo, no descartamos conocer los datos que ofrece la primera opción, ya que al ser un edificio de viviendas sociales pueden no darse los medios económicos para colocar una pérgola en cubierta.

El diseño y cálculo de la producción fotovoltaica se lleva a cabo con la aplicación para *SketchUp* denominada *Skelion*, la cual realiza un diseño de la instalación solar fotovoltaica para una producción anual a partir de un modelado 3d, considerando las distancias entre placas y las pérdidas por sombras arrojadas, debe insertarse la orientación, inclinación y tipo de placas. Los resultados que ofrece el programa son reales ya que el plugin vincula el modelo 3d del edificio con *PVGIS* (Photovoltaic Geographical Information System) y con la ubicación exacta del caso de estudio.

Para ambas soluciones se elige una placa fotovoltaica con una Potencia Pico de 230W, unas medidas de 1,00 m x 1,65 m y una inclinación de 0°, integradas arquitectónicamente en la superficie horizontal de la pérgola, para evitar una visión agresiva desde la vía pública. Se disponen orientadas hacia el Suroeste, paralela a las líneas de cubierta, ya que, tras varios análisis realizados, tanto en la solución sobre la cubierta como sobre la pérgola representa la mejor relación entre producción y pérdidas por sombras arrojadas.

Tras la colocación y el cálculo se la producción eléctrica se procederá a introducir los valores en el modelo de simulación energética realizado con *SG SAVE*, en el que se comprobará, para cada uno de los casos, cómo varía el comportamiento energético del edificio.

### Placas fotovoltaicas sobre la superficie de la cubierta.

La colocación de las placas sobre la cubierta del propio edificio caso de estudio facilita la ejecución de la instalación fotovoltaica, sin embargo, las sombras arrojadas sobre el pretil y el castillete ocasionan pérdidas que deben ser tenidas en cuenta a la hora de calcular la producción de la instalación (fig. 63).

El número de placas instaladas es de 28, con una inclinación de 35° y con un 17,80% de pérdidas por orientación, inclinación o sombras. Esto ofrece una potencia pico instalada de 6,44 kWp, valor que genera la instalación en las horas de máxima insolación, una producción total de 10.087,40 kWh anuales, una producción media de 1.566,37 kWh/kWp y unas pérdidas por sombras del 7,21 %.

Introduciremos la instalación fotovoltaica en SG SAVE para comprobar el avance en el comportamiento energético del edificio.

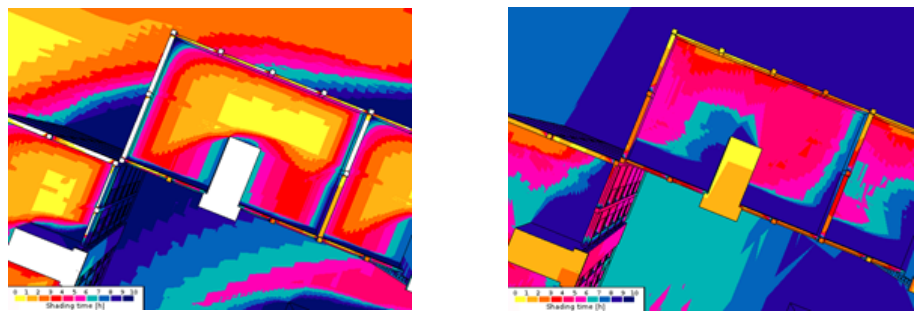


Fig. 63: Horas de sombra en la cubierta del edificio en los meses de Junio y Diciembre.

Fuente: Skelion.

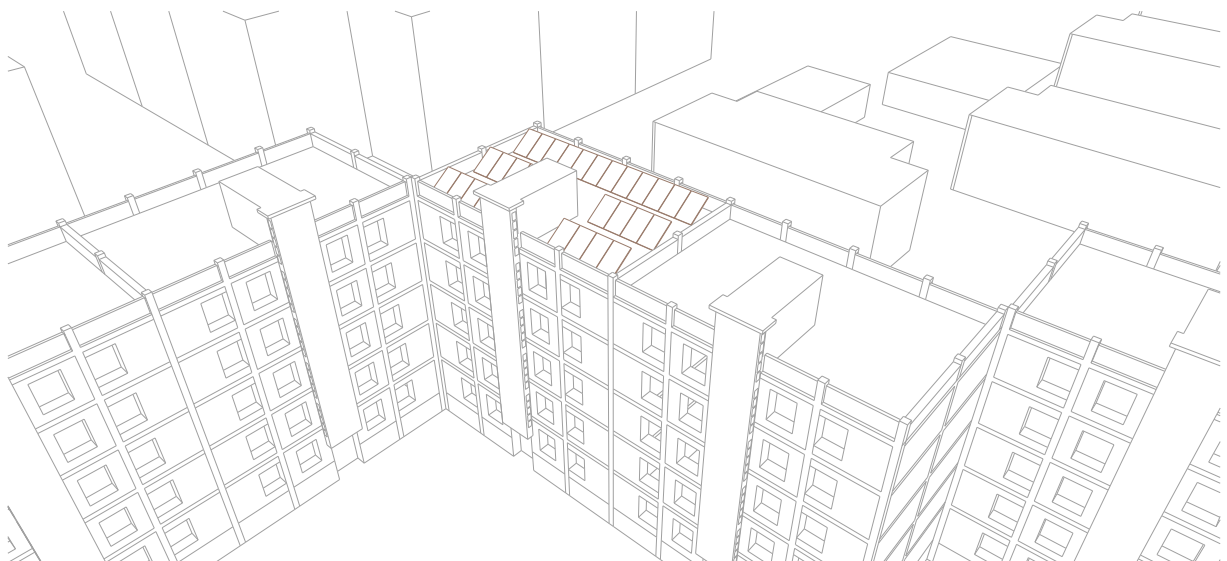


Fig. 64: Disposición de placas fotovoltaicas sobre la superficie de cubierta y sombras arrojadas en el mes de Diciembre

Fuente: Elaboración propia.



En las gráficas de la fig. 65 se puede observar la relación entre el consumo de EPNR y las emisiones de CO<sub>2</sub> a lo largo del año y cómo ambas se contrarrestan con la producción fotovoltaica. Se puede apreciar una disminución en los valores de calefacción, que distan de los valores de refrigeración. Además podemos ver cómo los valores máximos de la producción fotovoltaica se encuentran en los meses de verano.

Analizaremos la calificación energética desglosada en calificación por emisiones y calificación por consumo de energía primaria para ver cómo influye la actuación en el comportamiento energético del edificio.

La producción fotovoltaica sobre la cubierta supone un descenso en los valores de emisiones de CO<sub>2</sub> y de Energía Primaria No Renovable que influyen en la calificación energética del. El valor de ambas calificaciones en torno a un 45% para calefacción y un 7% para refrigeración. Como se puede observar, solo la reducción en los valores de calefacción implica una mejora en el rango de calificación, pasando de una letra "E" a una "D".

En las gráficas de las figs. 66-67 se relaciona los valores iniciales del modelo de simulación energética y los resultados tras la actuación de producción fotovoltaica. Se observa una gran reducción en calificaciones totales y de calefacción, sin embargo una ligera disminución en refrigeración y ningún cambio en los valores de ACS.

El consumo de energía final se reduce de un valor de 211.811 kWh a 183.797 kWh, lo que correspondería a una media de 18.379,7 kWh por vivienda.

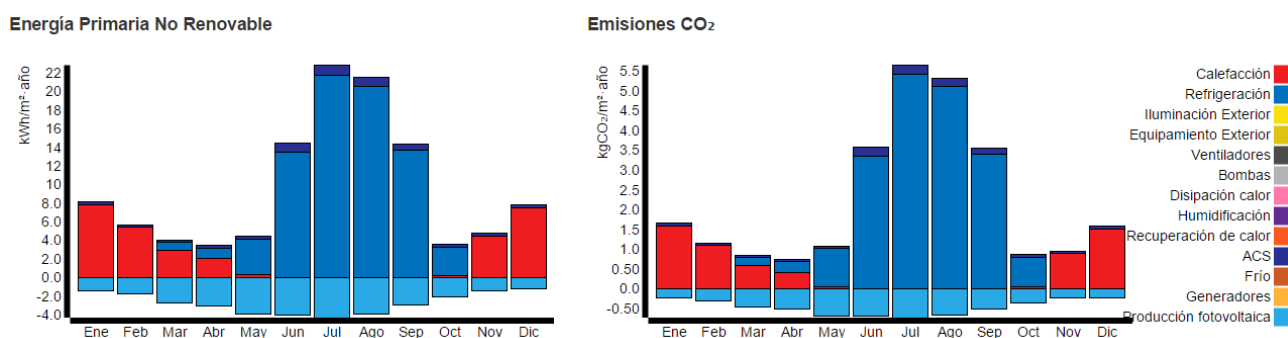


Fig. 65: Gráficas del Consumo de Energía Primaria No Renovable y Emisiones de CO<sub>2</sub> según HE0 Fuente: Resultados SG SAVE.

Tabla 13: Consumo de Energía Final según servicios. Producción fotovoltaica en Cubierta. Fuente: Elaboración propia.

		Consumo Actual (kWh)	Consumo Actuación (kWh)	Ahorro (%)
Producción Fotovoltaica en Cubierta	Calefacción	51.319	27.808	45,8 %
	Refrigeración	63.428	58.925	7 %
	Equipos	91.072	91.072	0 %

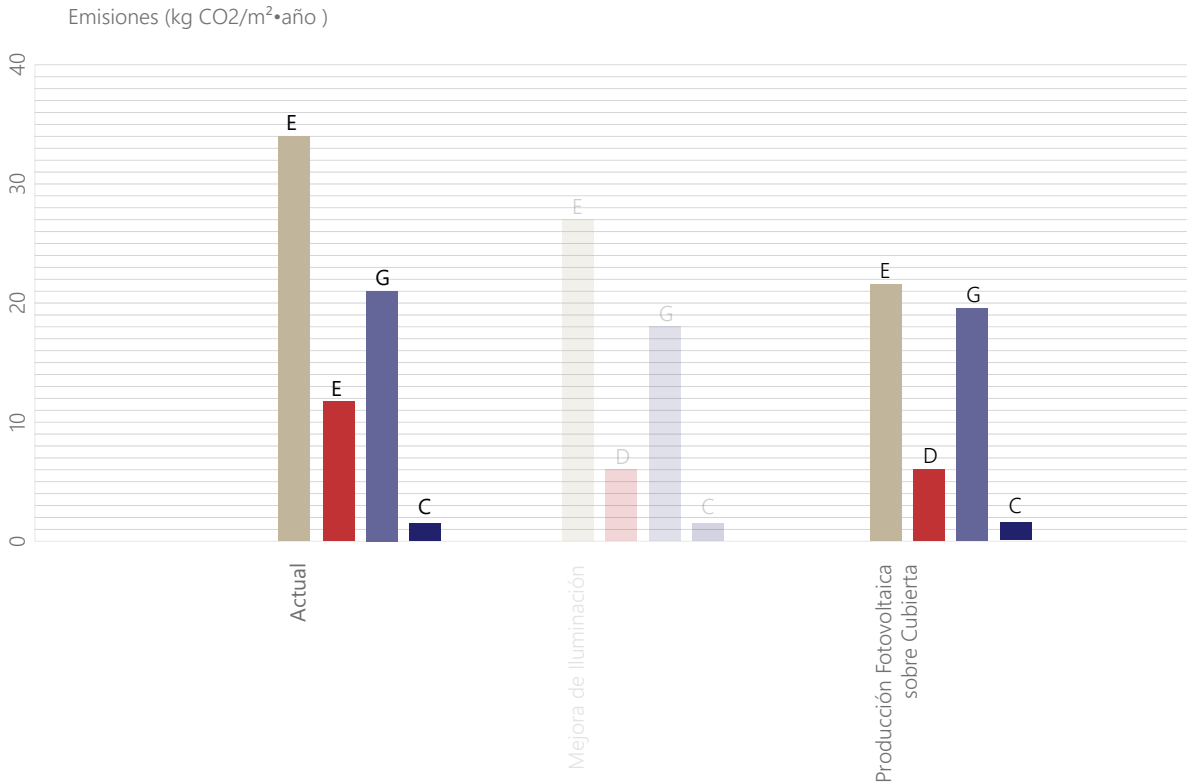


Fig. 66: Gráfica de relación entre los valores de emisiones  
Fuente: Elaboración propia.

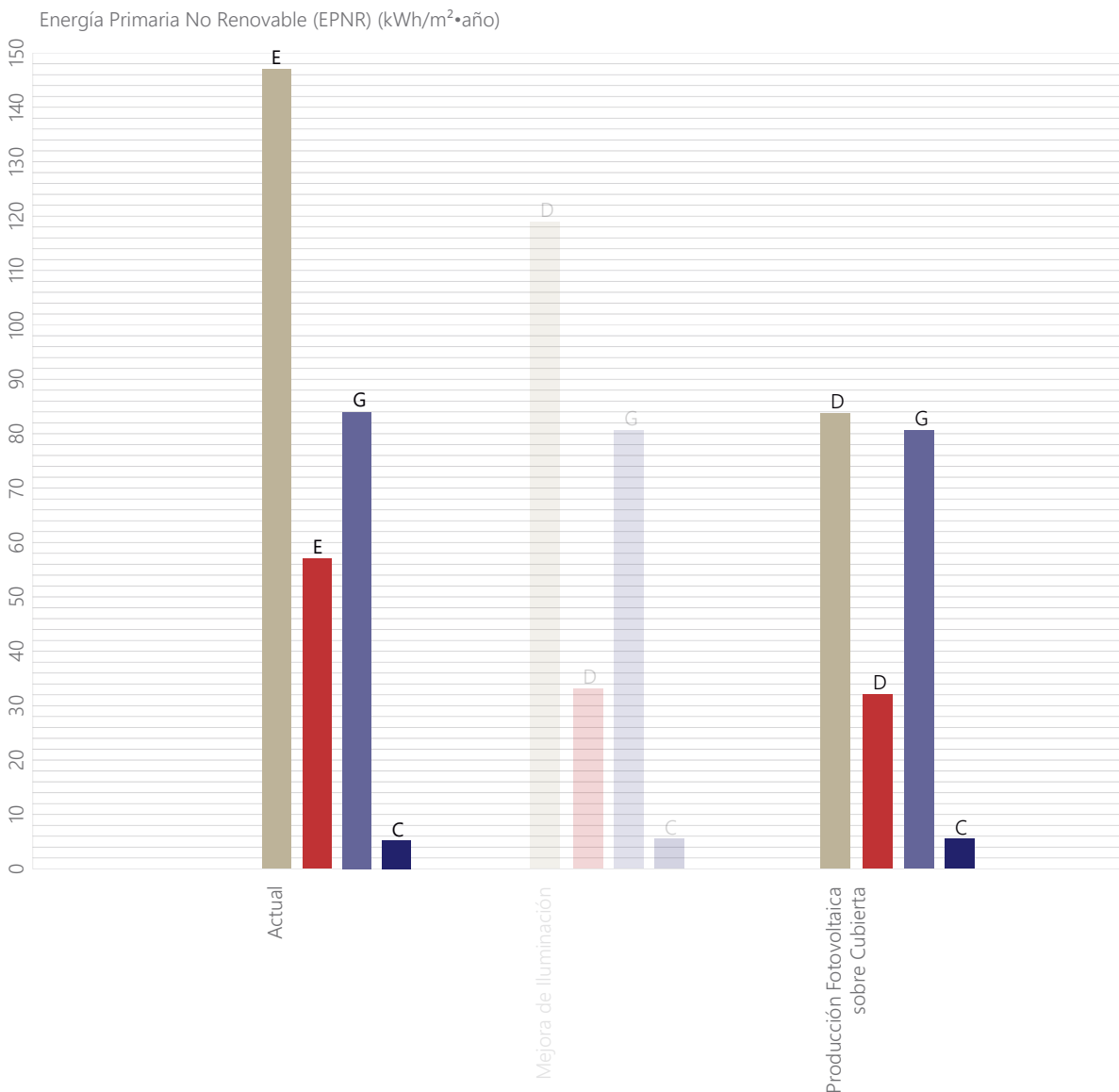


Fig. 67: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable  
Fuente: Elaboración propia.

- Valores TOTALES
- Valores CALEFACCIÓN
- Valores ACS

### Placas fotovoltaicas sobre la superficie de la pérgola.

A diferencia de la colocación sobre la superficie de la cubierta, esta situación de las placas otorga más horas de radiación solar y por lo tanto una producción más eficiente, ya que apenas tiene sombras arrojadas durante el mes de diciembre (fig. 68). Se plantea la proyección de una pérgola sobre la cubierta del edificio siguiendo con las actuaciones realizadas en varios edificios de la zona.

La instalación de fotovoltaica sobre la pérgola recoge 48 placas, las cuales presentan un porcentaje de 0,46% de pérdidas por orientación, inclinación o sombras, un valor muy reducido con respecto al 17,80% de la anterior actuación. Según Skelion, la potencia pico instalada es de 11,04 kWp y la producción anual de 15.627,72 kWh.

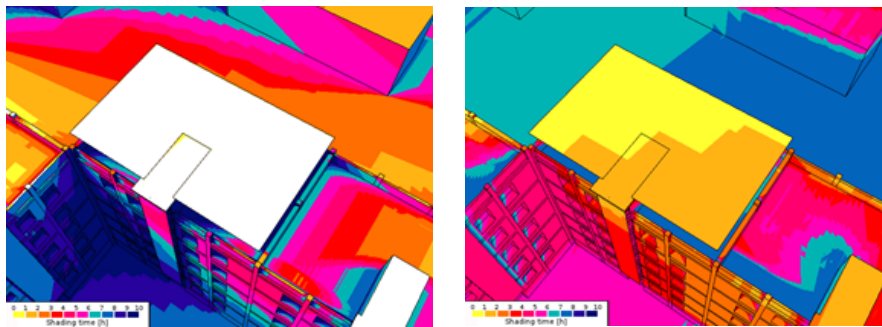


Fig. 68: Disposición de placas fotovoltaicas sobre la superficie de cubierta y sombras arrojadas en los meses de Junio y Diciembre  
Fuente: Skelion.

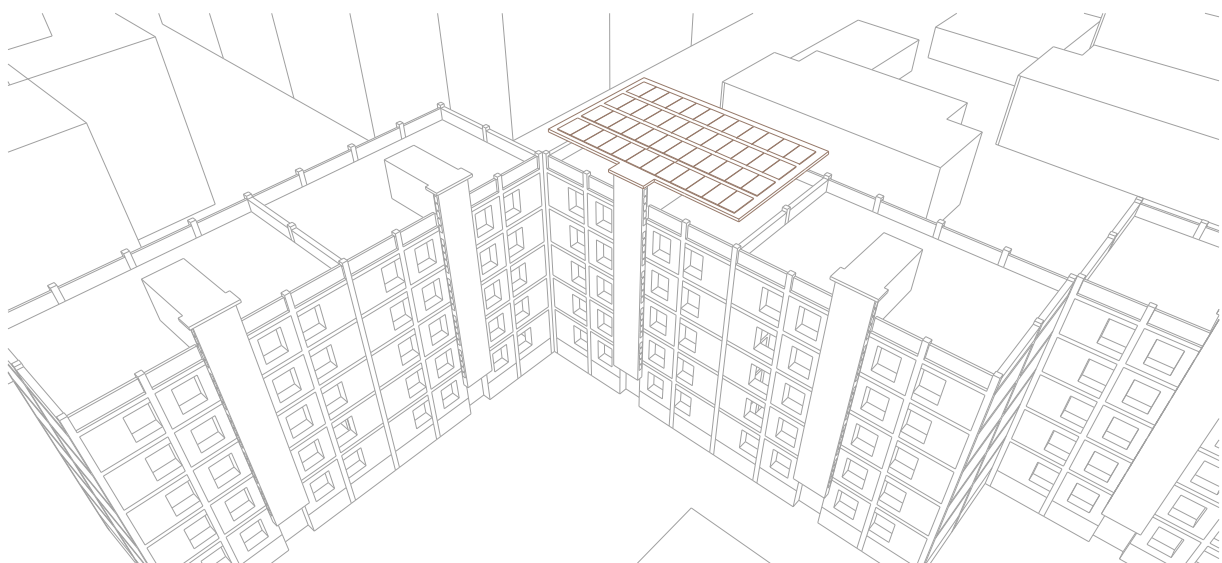


Fig. 69: Disposición de placas fotovoltaicas sobre la superficie de la pérgola y sombras arrojadas en el mes de Diciembre  
Fuente: Elaboración propia

Para conocer con exactitud lo que supone la instalación de fotovoltaicas en el comportamiento energético del edificio caso de estudio la introducimos en *SG SAVE*, del que obtenemos los valores localizados en la fig. 70. Como podemos apreciar, la producción aumenta con respecto a la actuación de instalación de placas fotovoltaicas en la cubierta. Esto sumado a la relación de los valores de emisiones y EPNR favorece en gran medida al comportamiento energético del edificio.

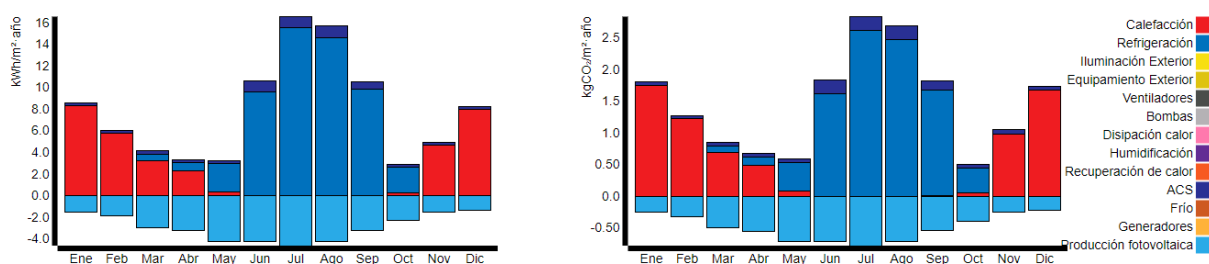


Fig. 70: Gráficas del Consumo de Energía Primaria No Renovable y Emisiones de CO<sub>2</sub> según HE0  
Fuente: Resultados *SG SAVE*.

La actuación tiene una gran repercusión en la calificación por emisiones reduciendo la calificación total de una letra "E" a una "C". Reduce en un 40% y 55% los valores de calefacción y refrigeración, respectivamente, disminuyendo además el rango de calificación de "E" a "D" y de "G" a "F".

En la gráfica de la fig. 71, se puede apreciar cómo los valores totales se reducen en un 65,5%, hasta ahora se considera la medida que causa más impacto en la calificación por emisiones de CO<sub>2</sub>.

La reducción en los valores de la calificación de energía primaria también representa gran repercusión sobre el modelo de simulación energética, sin embargo, podemos ver que los valores no experimentan una reducción tan notoria como en la calificación por emisiones de CO<sub>2</sub>. El valor en la calificación de calefacción se reduce en un 43% y el de refrigeración en un 34%, sin embargo, solo disminuye en el rango de la calificación la calefacción, pasando de una letra "E" a "D".

En la gráfica de la fig. 72 podemos ver la reducción que supone esta medida con respecto al modelo actual, disminuyendo la calificación total por consumo de energía primaria en un 60%, y pasando de una letra "E" a "D".

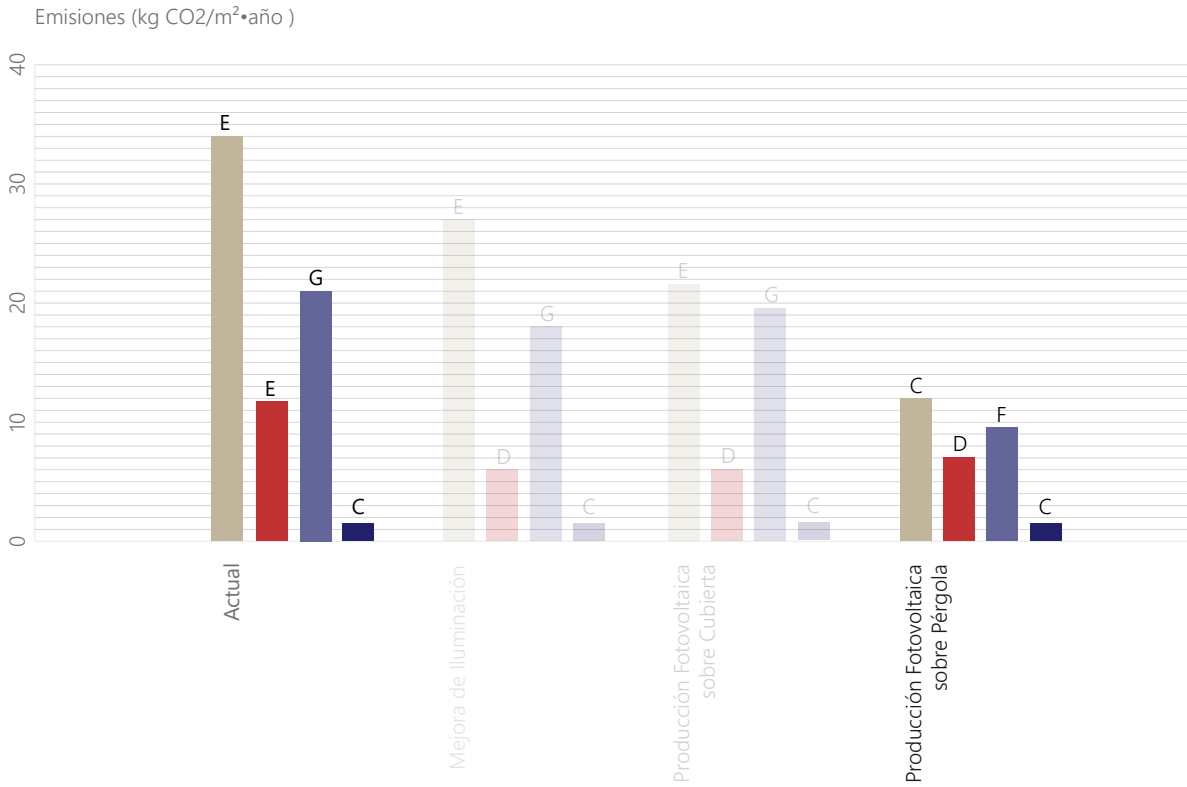


Fig. 71: Gráfica de relación entre los valores de emisiones  
Fuente: Elaboración propia.

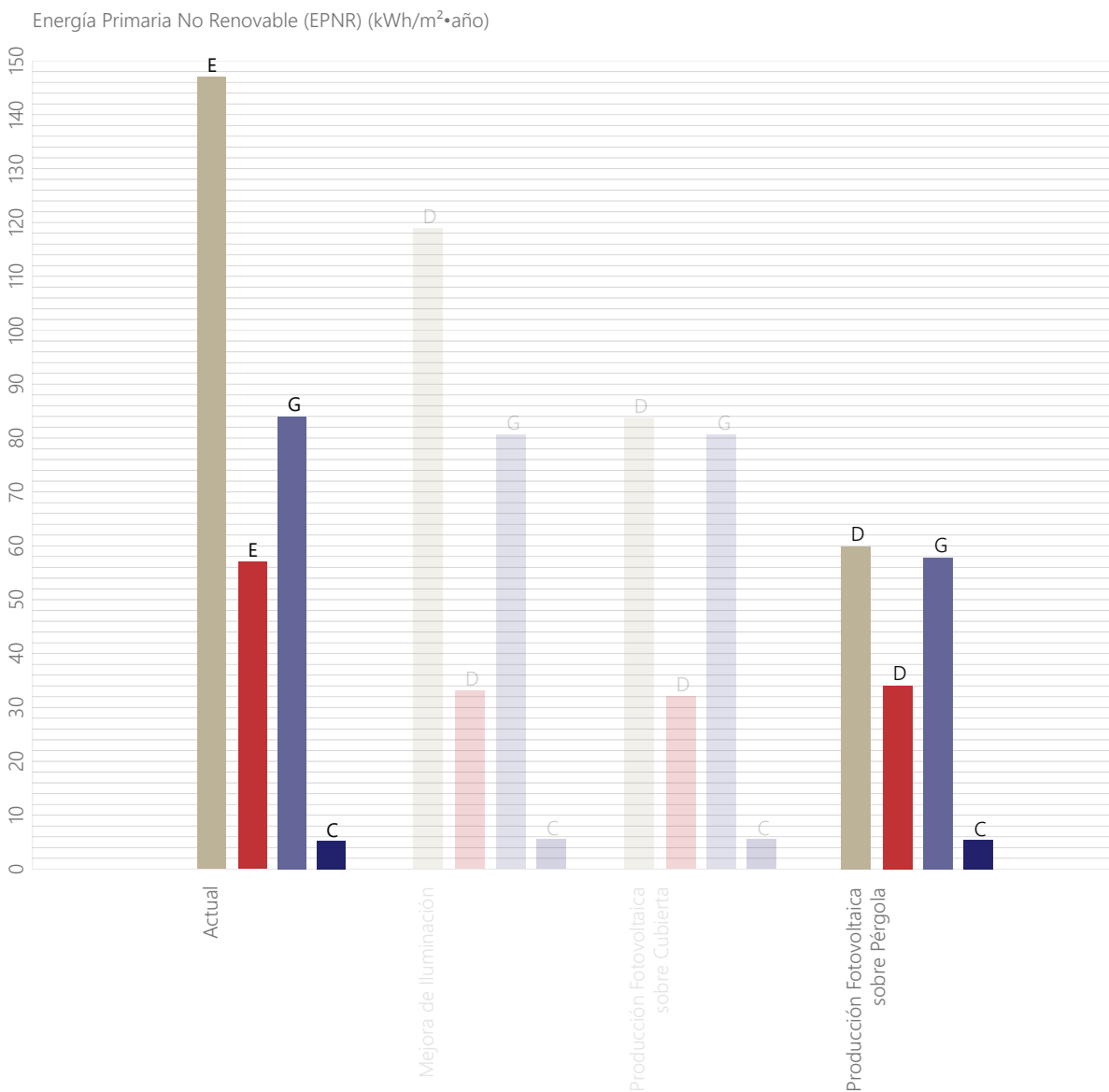


Fig. 72: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable  
Fuente: Elaboración propia.

- Valores TOTALES
- Valores CALEFACCIÓN
- Valores ACS

Con respecto al consumo de Energía Final vemos en la Tabla 14 como la demanda de Calefacción experimenta una bajada considerable del 47%, y la demanda de refrigeración sufre una gran bajada del 55,7%. El consumo de energía final se reduce de un valor de 211.811 kWh a 152.147 kWh, lo que correspondería a una media de 15.214,7 kWh por vivienda.

Tabla 14: Consumo de Energía Final según servicios. Producción fotovoltaica en Pérgola.

Fuente: Elaboración propia.

		Consumo Actual (kWh)	Consumo Actuación (kWh)	Ahorro (%)
Producción F otovoltaica en Pérgola	Calefacción	51.319	27.089	47 %
	Refrigeración	63.428	27.994	55,7 %
	Equipos	91.072	91.072	0 %

Para ambos casos en los que se propone la incorporación de una producción de energía renovable, basada en la fotovoltaica se presenta el esquema definido en la fig. 73, en el cual se representa la energía eléctrica en kWh consumida en el edificio en color amarillo y la generada por la producción renovable en color azul, para los meses de Junio y Diciembre. Se puede observar cómo la producción fotovoltaica funciona durante el día y encuentra el valor nulo durante la noche, mientras que la línea del consumo de electricidad varía en función de las horas de ocupación y de uso de los equipos. Esto produce que haya horas en el día en el que la producción sea nula y el consumo de energía máximo y viceversa, lo cual hace que sea necesario la incorporación de un acumulador de energía solar para recoger las horas en las que no da servicio y volcarlas cuando se demande.

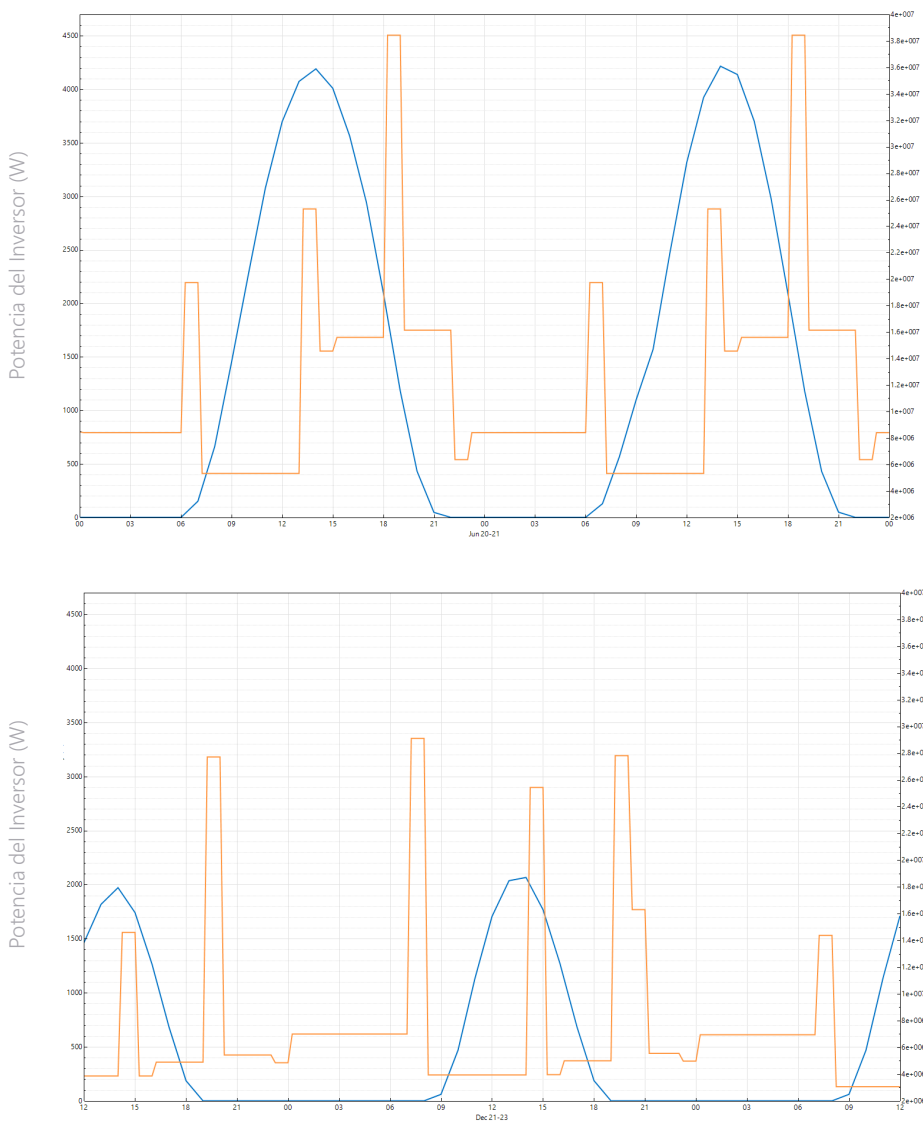


Fig. 73: Gráfica de relación entre los valores de Consumo de Energía y Producción Solar:  
a) Junio; b) diciembre. Amarillo: energía eléctrica en kWh consumida en el edificio; azul:  
energía generada por la producción renovable.

Fuente: SG SAVE.



En la fig. 74 podemos apreciar de forma gráfica la relación y el valor que existe entre el consumo anual que supone cada tipo de servicio y la energía renovable generada por las placas fotovoltaicas.

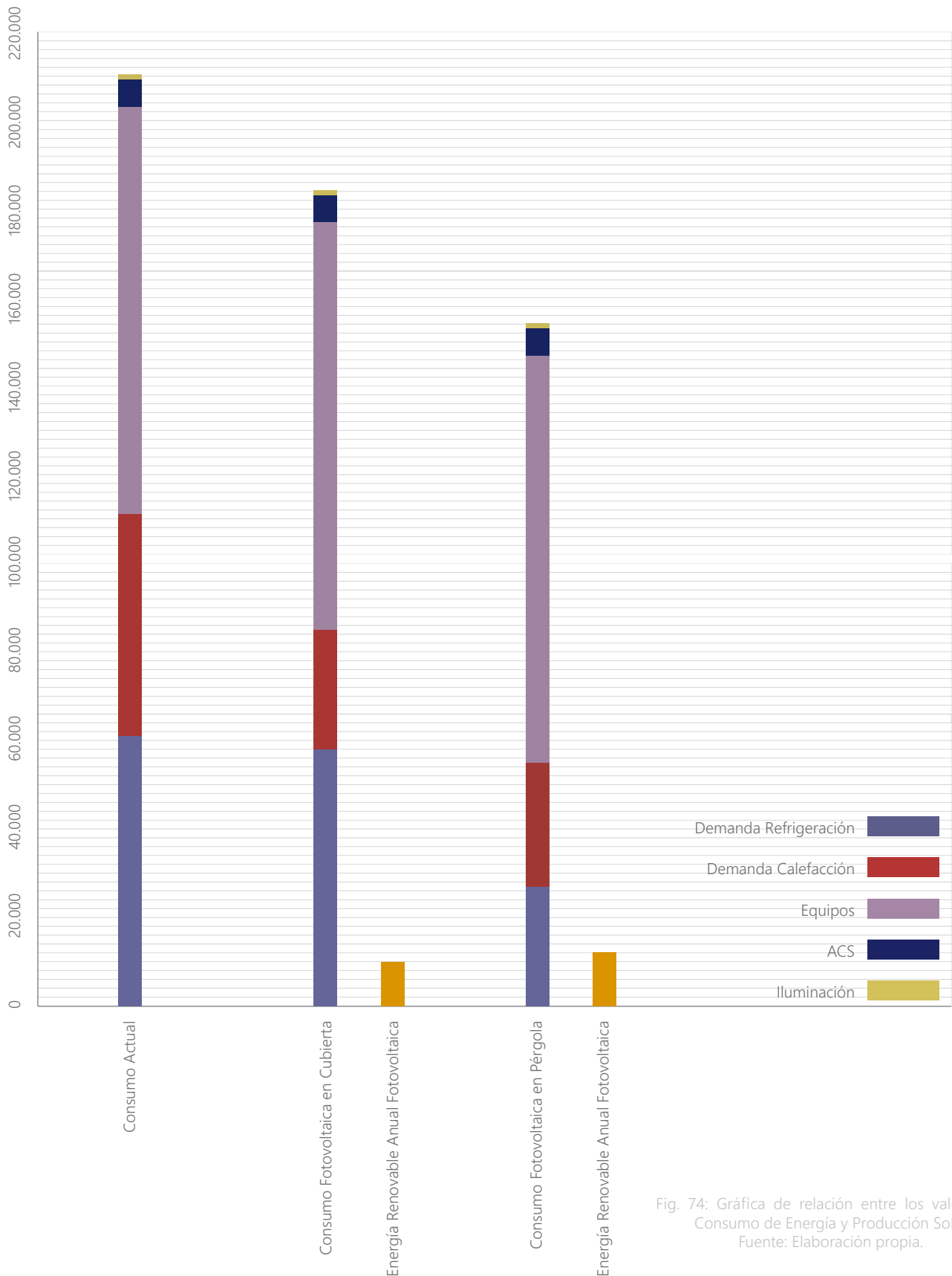


Fig. 74: Gráfica de relación entre los valores de Consumo de Energía y Producción Solar  
Fuente: Elaboración propia.



### 7.2.2.3. Incorporación de sistema de Aerotermia.

La aerotermia es una energía con un gran carácter renovable cuyo funcionamiento se basa en aprovechar la energía del aire para generar aire acondicionado, calefacción o agua caliente sanitaria. Funciona gracias a un evaporador, situado en el interior, y un condensador, en el exterior, ambos conectados por un circuito refrigerante que cambia de temperatura en su recorrido por el circuito y cede o quita energía calorífica del aire. El ciclo posee una válvula de 4 vías, entre otros componentes, que invierte el circuito para poder generar frío o calor. Esta medida se incorpora al edificio para mejorar el comportamiento energético y su eficiencia con un componente para *SG SAVE* desarrollado por Efinovatic y Saltoki. Este componente, denominado Saltoki permite la introducción de varios modelos de bombas aerotérmicas, las cuales generan en torno al 75% de la energía producida de fuentes renovables.

Para el caso de estudio en cuestión utilizaremos una bomba de calor aire-agua para todo el edificio, modelo MONOBLOCK AQUARIS V4 06, la cual integra todos los componentes del circuito en un mismo volumen del que salen y entran las tomas de agua del circuito. La bomba de calor producirá energía para cubrir lo posible de la producción de ACS y la demanda de calefacción y refrigeración. Cuenta con apoyo eléctrico para el funcionamiento de la máquina.

El circuito de agua se dirige desde bomba de calor hacia el interior del edificio donde se bifurca hacia un acumulador y un depósito de inercia. A partir del acumulador de energía se desarrolla el circuito para la alimentación de ACS y las unidades interiores.

Una vez introducido el esquema en *SG SAVE* procedemos a la comprobación de la aportación a la eficiencia energética del edificio. Este apartado tendrá un esquema diferente a los anteriores, ya que el programa genera un informe de aerotermia que resulta de interés analizar.

En primer lugar comprobaremos el funcionamiento de la bomba para la producción de calor y frío.

En las demandas que requiere el edificio, calefacción, refrigeración y ACS, podemos observar el aporte de energía producida por la bomba de calor y lo que supone de consumo eléctrico. Solo con estos gráficos se entiende la eficiencia de esta instalación ya que en el la producción de calefacción (fig. 82) produce 20.708 kWh y consume 3.575,8 kWh de electricidad al cabo de un año. Para la demanda de refrigeración (fig. 83)

produce 14.758,4 y consume 2.815,3 kWh, sin embargo, la demanda de ACS implica producción y consumo más elevado (fig. 76) llegando a valores de producción de 39.726,5 kWh y de consumo de electricidad de 10.794 kWh cada año.

El programa también verifica que la nueva instalación de aerotermia cumpla con los porcentajes que representa la contribución renovable mínima según el HE4. En el caso de estudio en porcentaje de contribución renovable es del 72,8 % siendo mayor al 60% mínimo establecido según la normativa.

Una vez analizado el informe de aerotermia procedemos a verificar el resultado de la calificación energética

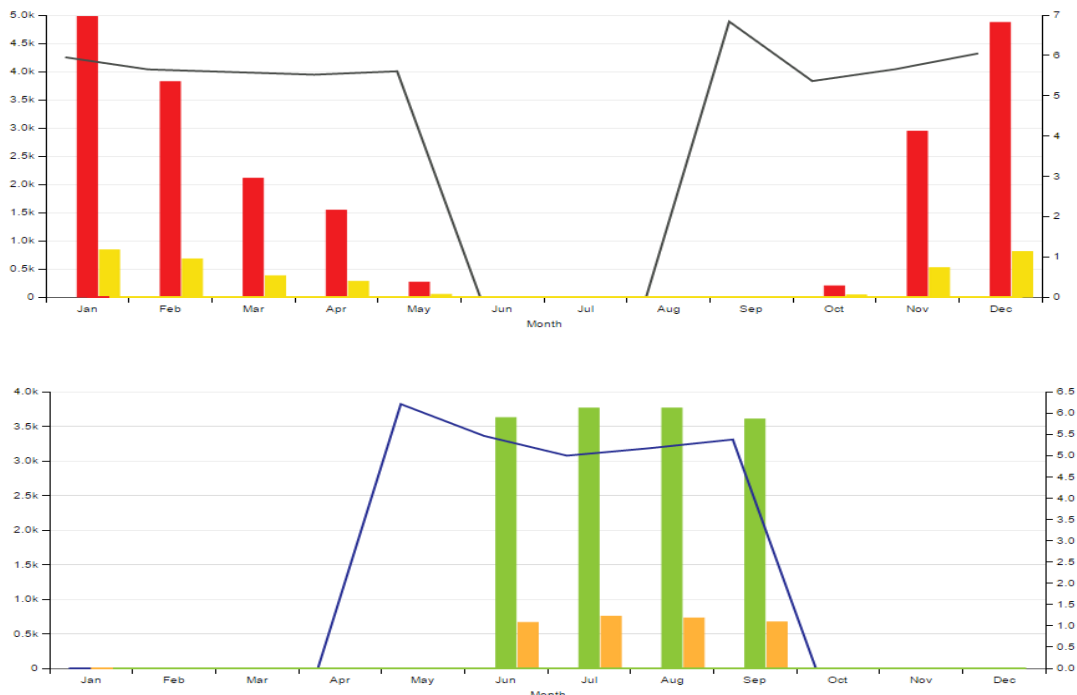


Fig. 75: Resultados mensuales de los modos calor y frío.  
Fuente: SG SAVE.

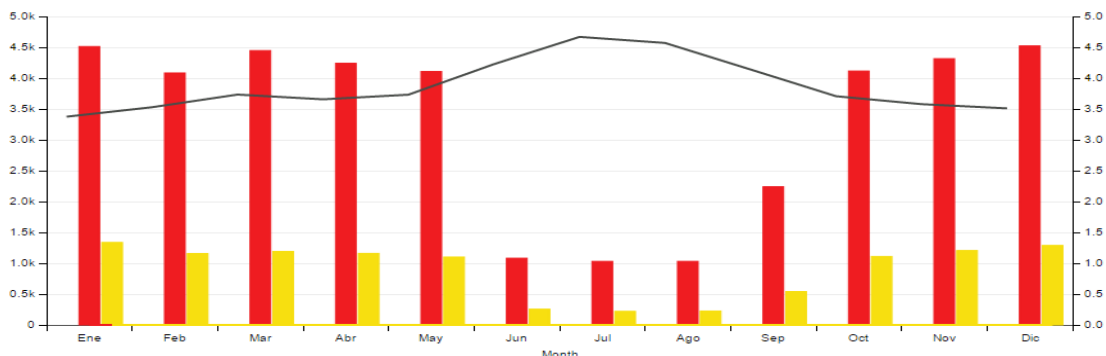


Fig. 76: Resultados mensuales de ACS.  
Fuente: SG SAVE.

La incorporación de la aerotermia al edificio favorece en altos niveles la calificación de emisiones, como se puede apreciar en la fig. 77. Los valores totales se reducen en torno a un 83% lo que conlleva una clasificación "B" en el rango de calificación por emisiones. Los valores de calefacción y refrigeración también experimentan grandes reducciones en los valores, lo que las lleva al rango más elevado en la calificación energética por emisiones, "A", presentando una bajada del 83% y 95%, respectivamente. Los valores de ACS continúan igual.

Esta medida presenta una reducción de los valores con tiene una gran repercusión en la mejora de la calificación por consumo de Energía Primaria No Renovable, como se puede apreciar en la fig. 78.

Los valores totales muestran una reducción en los valores que pasan de 147,8 kWh/m<sup>2</sup>•año a 34,3 kWh/m<sup>2</sup>•año, lo cual representa una bajada del 77%, cambiando la calificación global de "E" a "C". Los valores de calefacción y refrigeración presentan una reducción del 88% y del 93,5%, posicionándose en un rango "B" y "A", respectivamente.

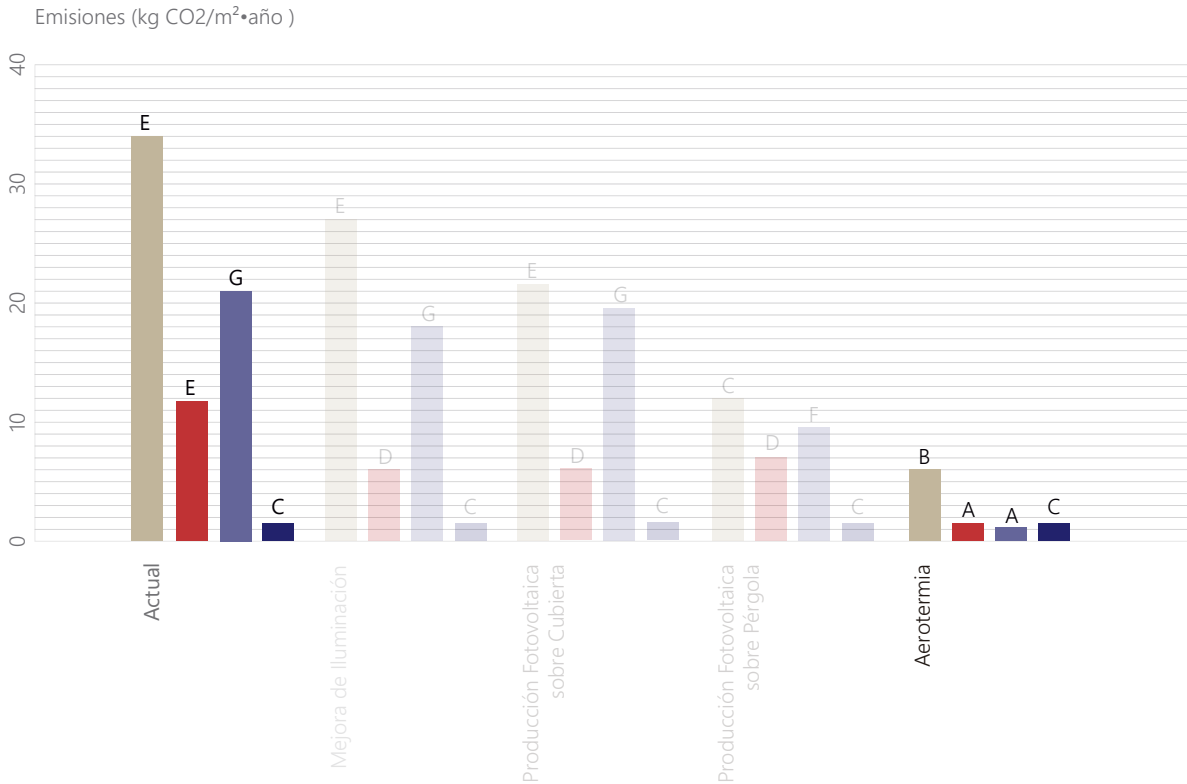


Fig. 77: Gráfica de relación entre los valores de emisiones  
Fuente: Elaboración propia.

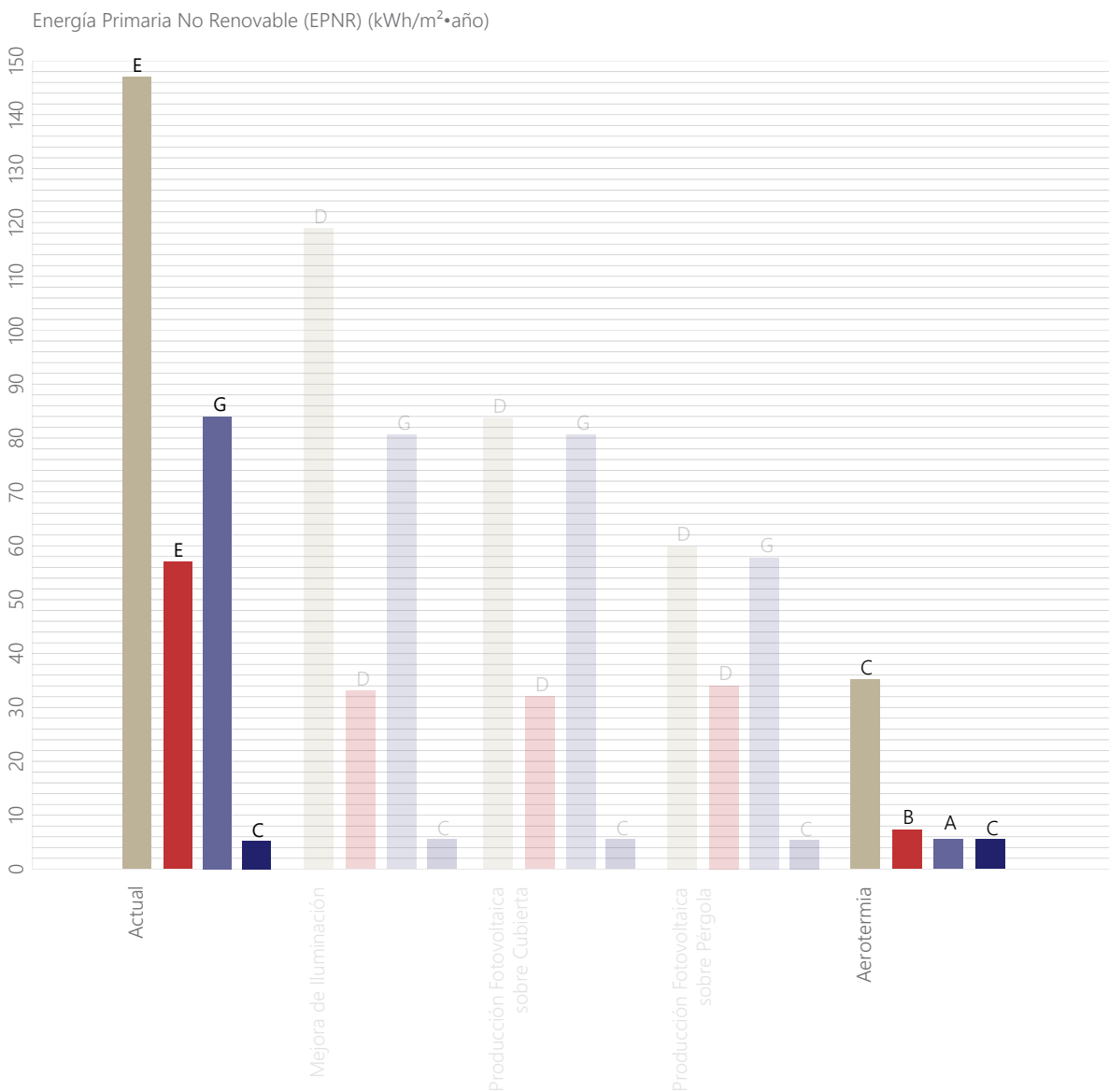


Fig. 78: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable  
Fuente: Elaboración propia.

- Valores TOTALES
- Valores CALEFACCIÓN
- Valores ACS

Como se observa en la gráfica de la Tabla 15, la incorporación de la instalación de aerotermia reduce los consumos de calefacción y refrigeración a valores nulos y casi nulos, mientras que el consumo de energía final de equipos de forma significativa. Este aumento en el consumo de energía final de equipos es debido al consumo eléctrico de la bomba de calor.

Se puede definir esta medida con una gran repercusión en la calificación energética del edificio del edificio y en la reducción del consumo de Energía Final. Tras la intervención, en consumo se reduce de 211.811 kWh/m<sup>2</sup>·año a 140.103 kWh/m<sup>2</sup>·año, lo que supone una bajada del 34%.

Tabla 15: Consumo de Energía Final según servicios.Producción Aerotermia.  
Fuente: Elaboración propia.

		Consumo Actual (kWh)	Consumo Actuación (kWh)	Ahorro (%)
Aerotermia	Calefacción	51.319	0	100 %
	Refrigeración	63.428	2.817	95 %
	Equipos	91.072	122.186	-34 %
	ACS	4.800	4.800	0 %
	Iluminación	1.192	1.192	0 %
	Ventiladores	0	6.300	
	Bombas	0	2.808	

En la gráfica de la fig. 79 podemos apreciar la relación que existe entre el consumo de energía final en el edificio tras la intervención de aerotermia y su aporte energético. El consumo total del edificio es de 140.564 kWh lo que correspondería a 14.056,4 kWh por vivienda. A pesar del incremento en el consumo de energía de varios servicios, se puede comprobar como la instalación de aerotermia es hasta ahora la más eficiente en cuanto a calificación como a consumo.

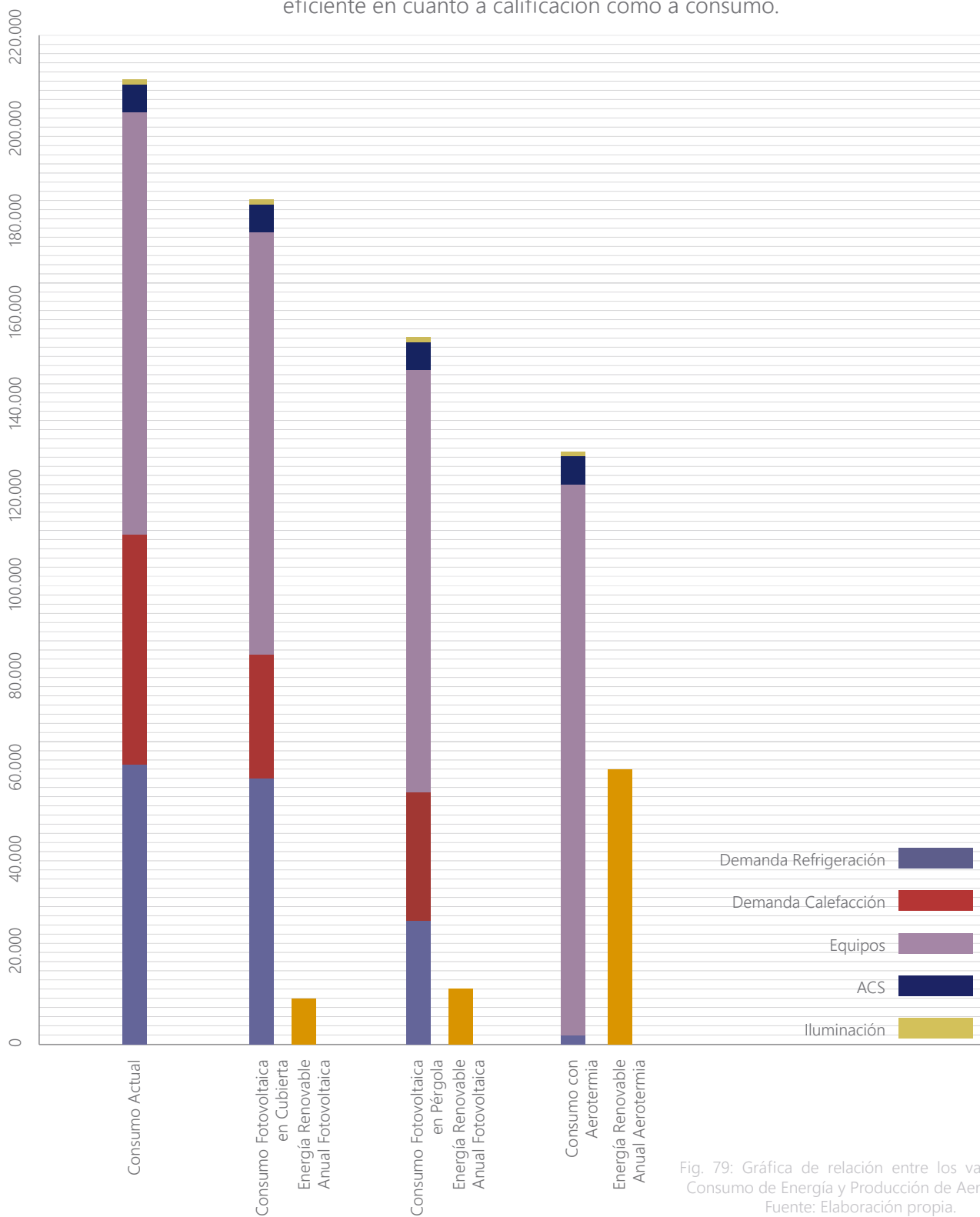


Fig. 79: Gráfica de relación entre los valores de Consumo de Energía y Producción de Aerotermia  
Fuente: Elaboración propia.



#### 7.2.2.4. Mejora de la Iluminación, Producción Fotovoltaica sobre Pérgola y Aerotermia.

Se analizará el comportamiento energético del edificio con la agrupación de las diferentes estrategias activas que han sido propuestas (mejora de la iluminación, la producción fotovoltaica, la incorporación de la producción de ACS y climatización por aerotermia). Las características constructivas de la envolvente térmica y huecos de ventana del edificio no varían con respecto a la situación actual.

Así bien, se esperan resultados que permitan evaluar la mejora de la eficiencia energética del edificio y que ocasionen gran repercusión en el descenso de los valores.

En la gráfica de la fig. 80 podemos apreciar la repercusión en la mejora de la calificación energética por emisiones de CO<sub>2</sub> de la incorporación de estas medidas activas. La calificación total se reduce en casi en su totalidad. Los valores en la calificación por emisiones de calefacción y refrigeración también experimentan una gran bajada, obteniéndose una reducción del 81% y 98%, respectivamente.

Al igual que en el análisis realizado anteriormente para la calificación por emisiones, podemos ver en la fig. 81 cómo la calificación por EPNR experimenta una gran caída en los valores que aumentan la eficiencia energética del edificio. Con la implantación de estas medidas activas podemos reducir los valores totales de calificación por consumo de EPNR casi en su totalidad. La calificación de calefacción y refrigeración también reduce sus valores de forma significativa, mostrando una reducción del 77,5% y del 94%, respectivamente.

Con respecto al consumo de energía final, podemos ver en la gráfica de la fig. 82 como los valores de calefacción y refrigeración sufren una gran reducción, mientras que el consumo de equipos aumenta, pero en menor medida que con otras actuaciones anteriores. Se reduce también el consumo de iluminación y el de ACS se mantiene.

En la Tabla 16 podemos ver los porcentajes de ahorro en el consumo de energía final, superando el 90% en calefacción, refrigeración e iluminación. El consumo total del edificio tras la actuación es de 112.291 kWh, lo que supone una reducción del 47% con respecto al valor inicial de 211.811 kWh.

En la fig. 83 se muestra de forma gráfica el consumo que representa cada servicio y la relación con la producción de energía de fuentes renovables, así bien, hasta ahora es la medida con menor consumo y mayor aporte de energías renovables.

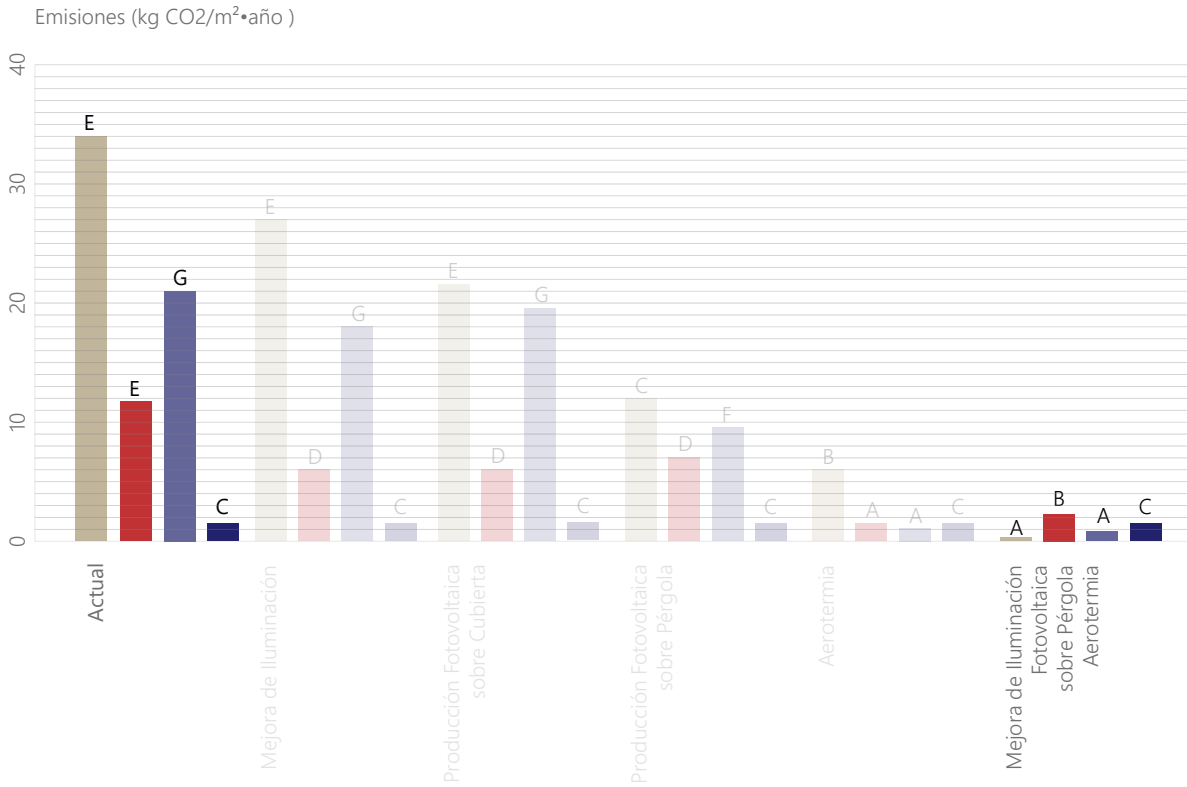


Fig. 80: Gráfica de relación entre los valores de emisiones  
Fuente: Elaboración propia.

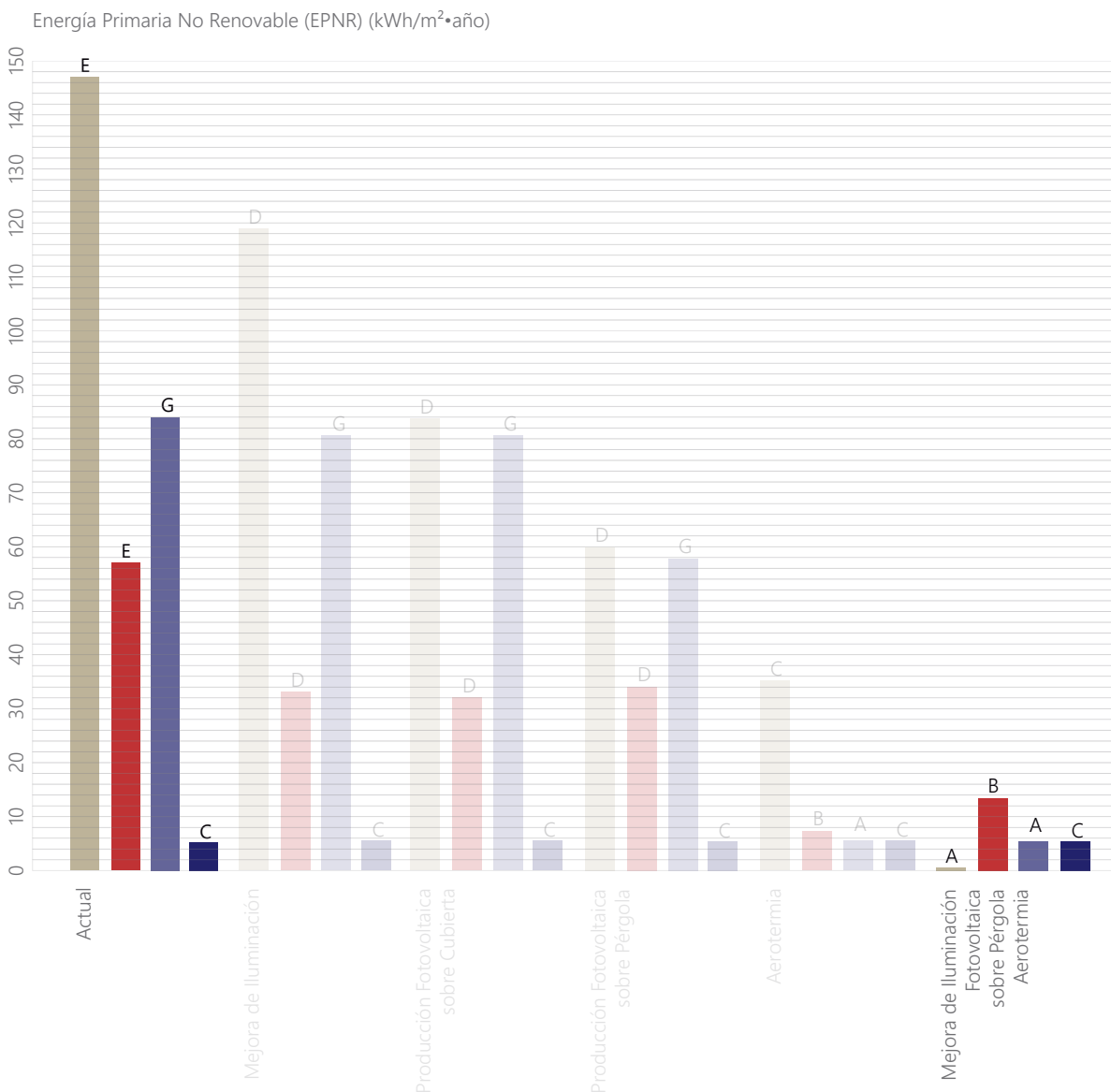


Fig. 81: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable  
Fuente: Elaboración propia.

- Valores TOTALES
- Valores CALEFACCIÓN
- Valores ACS

Tabla 16: Consumo de Energía Final según servicios. . Mejora global de medidas Activas.  
Fuente: Elaboración propia.

		Consumo Actual (kWh)	Consumo Actuación (kWh)	Ahorro (%)
Iluminación Fotovoltaica Pérgola Aerothermia	Calefacción	51.319	0	100 %
	Refrigeración	63.428	2.517	96 %
	Equipos	91.072	98.444	-8 %
	ACS	4.800	4.800	0 %
	Iluminación	1.192	100	92 %
	Ventiladores	0	6.383	
	Bombas	0	47	

Consumo de Energía Final (kWh año)

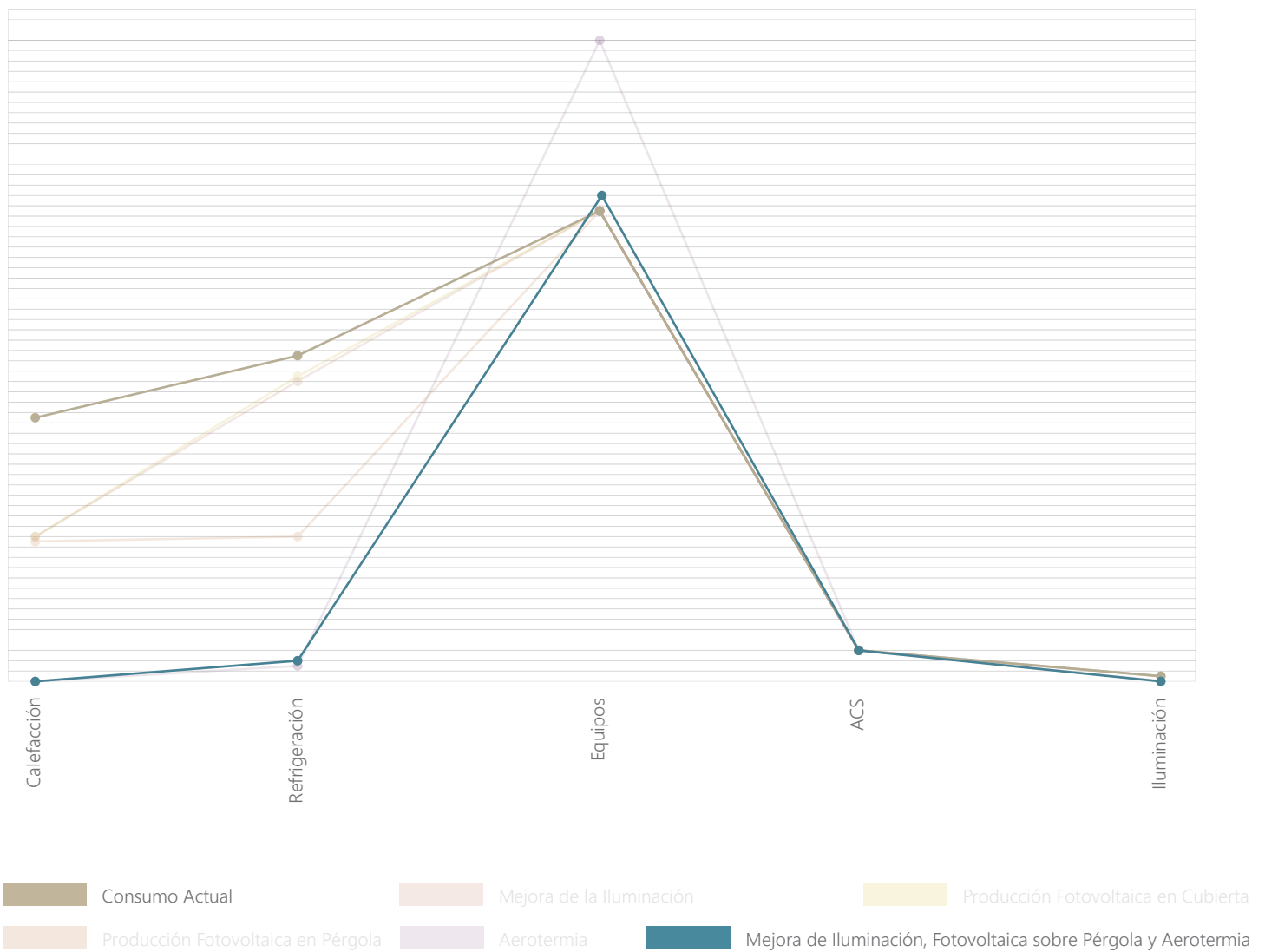


Fig. 82: Gráfica de relación entre los valores de Consumo de Energía Final  
Fuente: Elaboración propia.

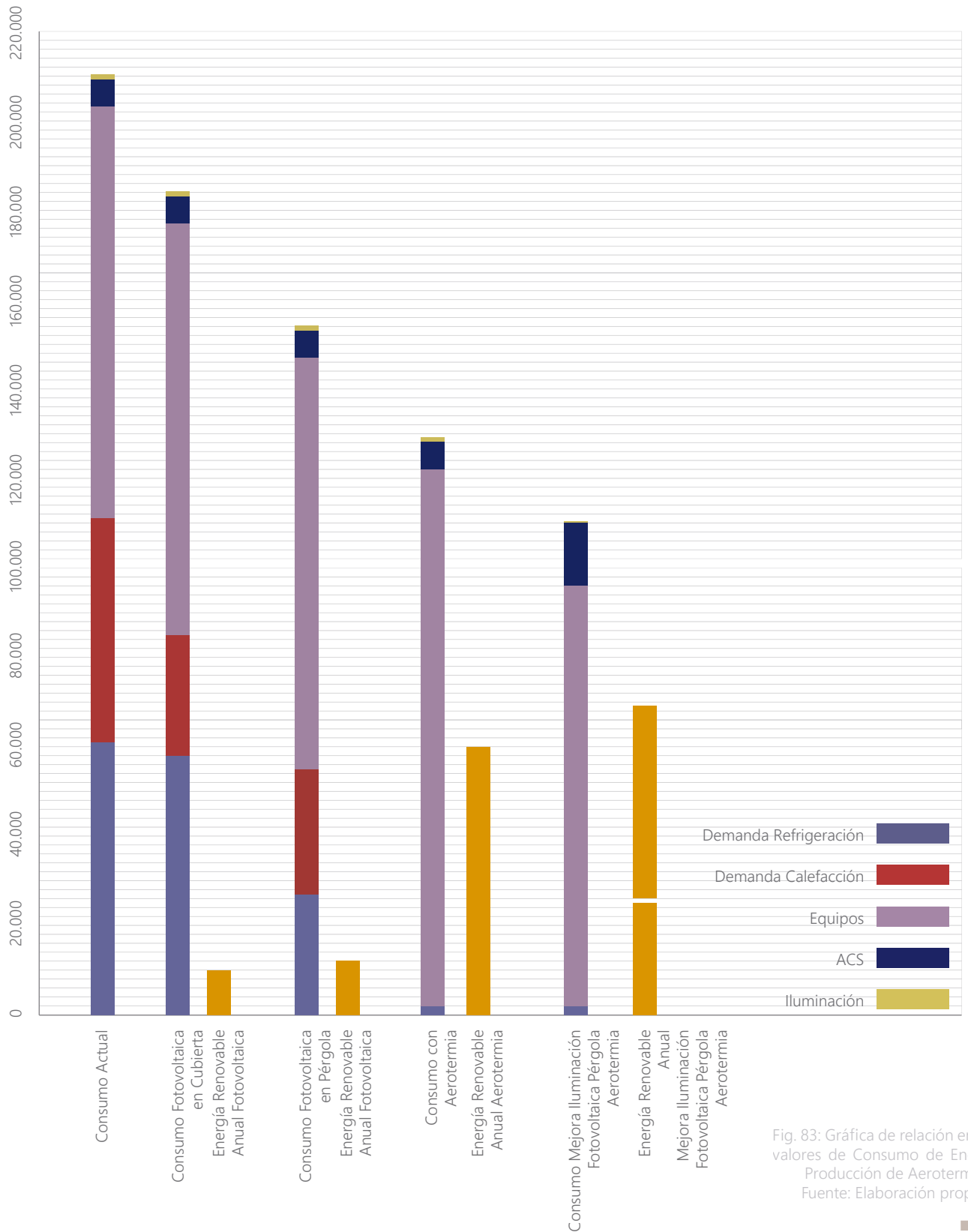


Fig. 83: Gráfica de relación entre los valores de Consumo de Energía y Producción de Aerotermia  
Fuente: Elaboración propia.

### 7.2.2.5. Conclusiones Medidas Activas

Se puede observar en la gráfica de la fig. 84 que las medidas activas implantadas en el edificio presentan un ritmo uniforme de mejora en la calificación por emisiones y por EPNR, siendo la medida activa individual que presenta una mayor repercusión en la eficiencia energética del edificio, la actuación que incorpora la instalación de Aerotermia. Sin embargo, al hacer una comparación global podemos observar como la medida que engloba conjunta supone una reducción en la calificación y el consumo más significativa.

En relación a la reducción en el consumo de energía final del edificio se muestran los porcentajes de reducción en la fig. 85. Se puede observar cómo una vez más la aerotermia muestra los valores más reducidos en relación a las medidas individuales. La medida que soporta un mayor ahorro es la que engloba el conjunto de actuaciones activas.

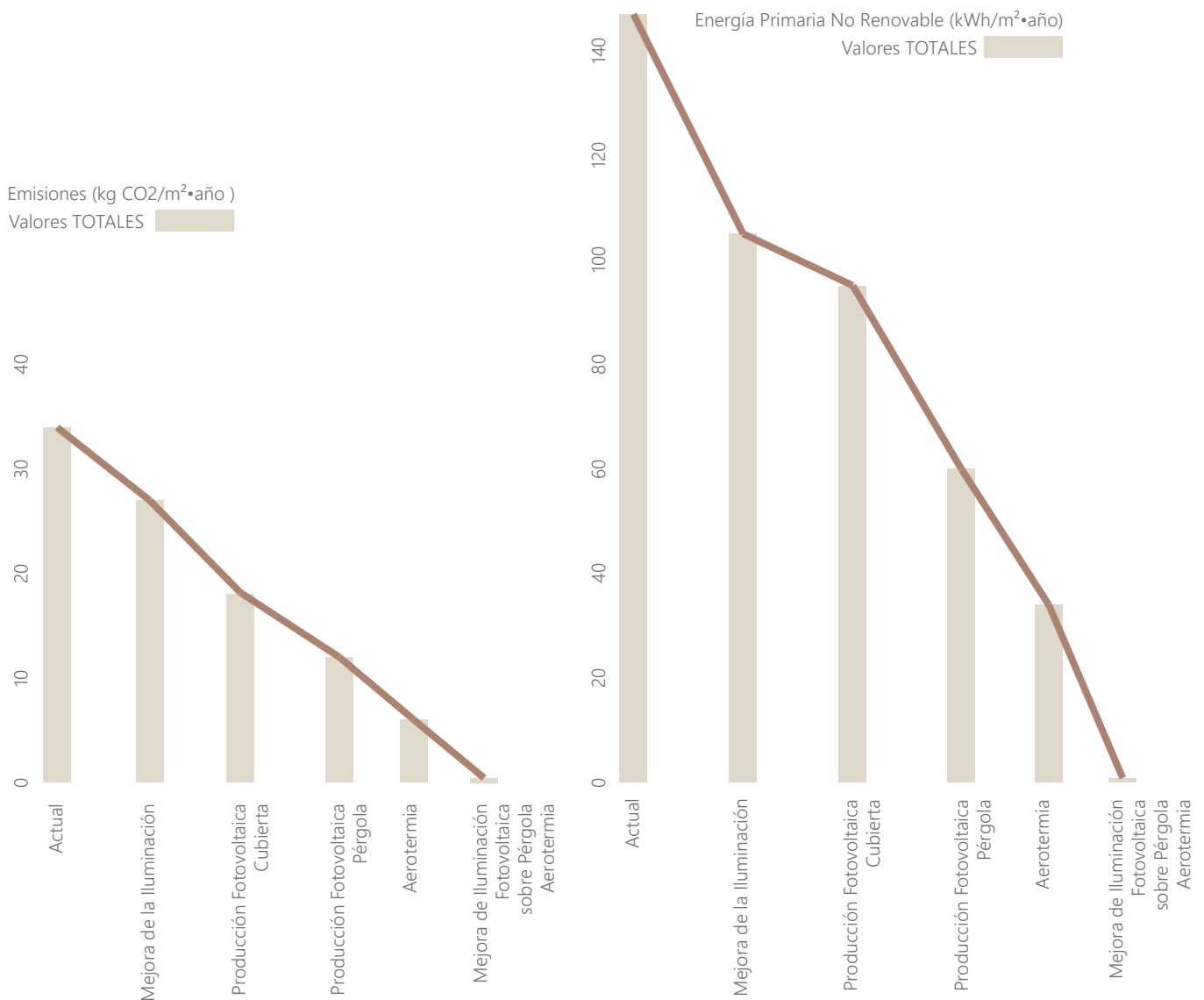


Fig. 84: Gráfica evolución valores que influyen en la calificación energética  
Fuente: Elaboración propia.

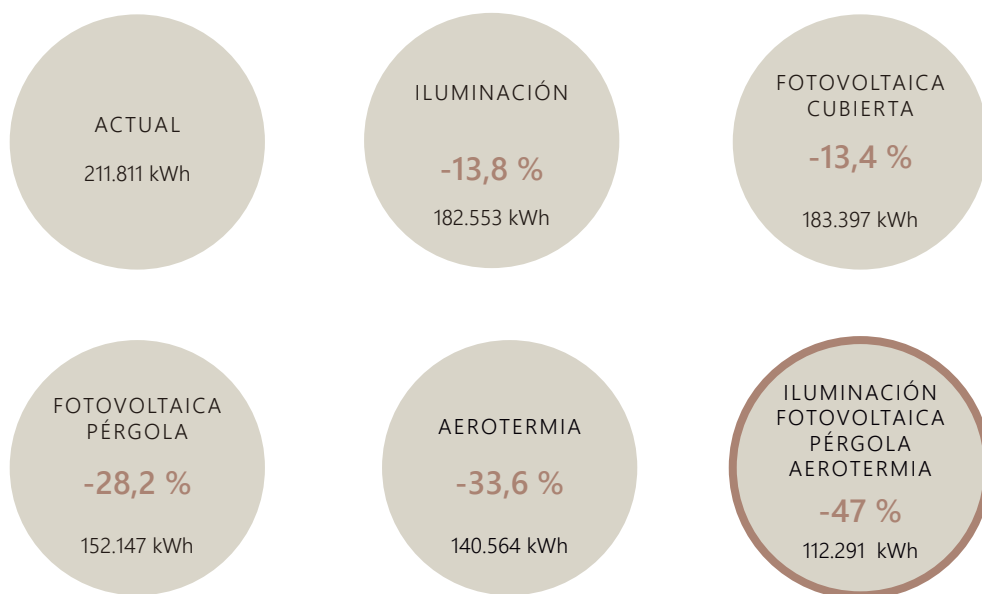


Fig. 85: Gráfico de ahorro de cada medida pasiva en el edificio  
Fuente: Elaboración propia.

### 7.2.3. MEJORA DE LAS CONDICIONES DE ACCESIBILIDAD

#### 7.2.3.1. Núcleo de comunicaciones.

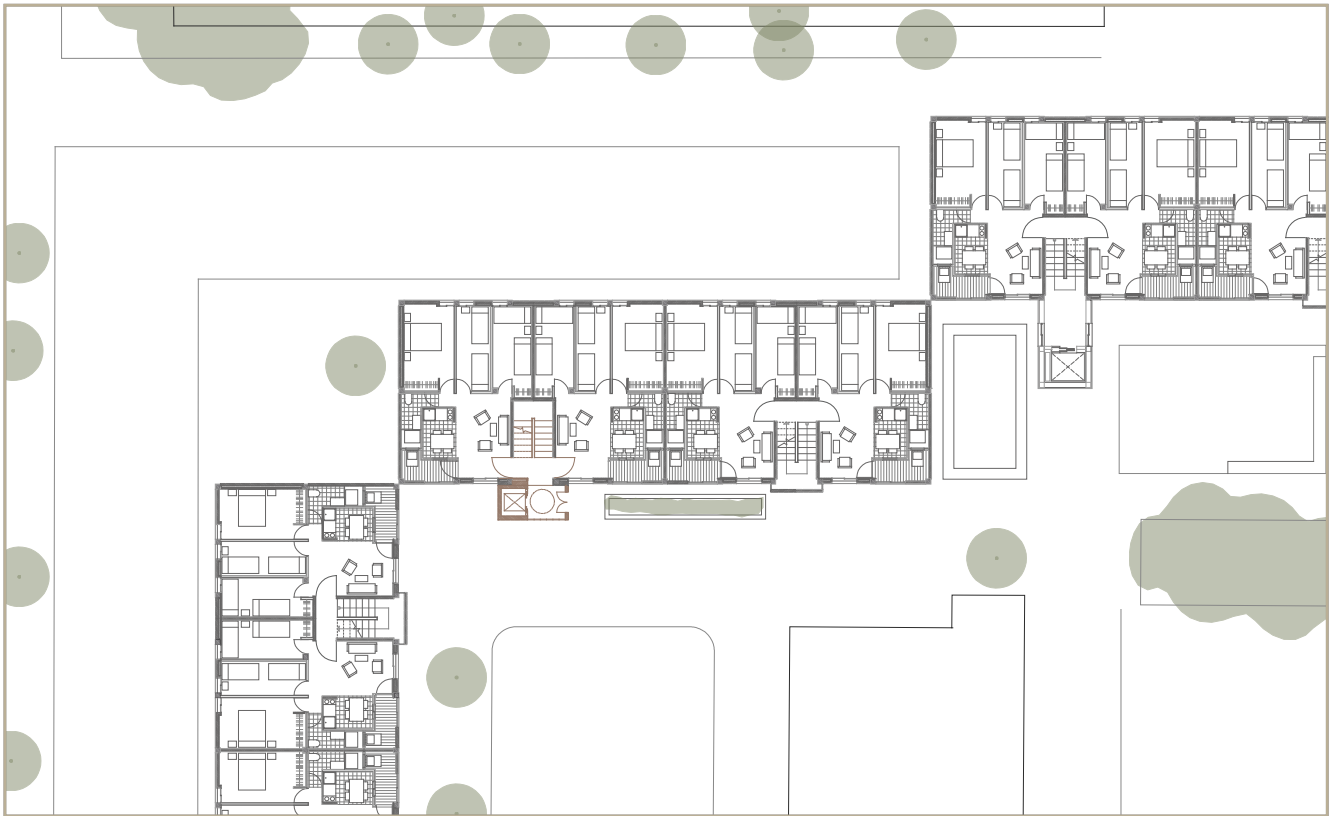
Tras el análisis realizado para averiguar la tipología, soluciones constructivas y condiciones que facilitan la autonomía de los habitantes, se estableció que, por regla general, los edificios con más de 50 años de antigüedad carecen de sistemas que faciliten la libre circulación de los usuarios entre sus viviendas y el espacio público.

Es por esta razón que se considera la rehabilitación del núcleo de comunicaciones en el edificio caso de estudio. Para ello se analiza, en una de las visitas al edificio realizada en una fecha anterior a la aparición de la Covid-19, las condiciones en la que se encuentra, sus medidas y la capacidad de mejora. Se observa cómo la escalera presenta deficiencia en los espacios, disponiendo distancias por debajo de las mínimas según la normativa actual, además los materiales de acabado presentan gran desgaste, lo que implica un peligro de resbaladidad para los usuarios. Para resolver el problema se decide modificar el núcleo de comunicaciones, añadiendo una escalera que cumpla con las medidas y un ascensor que facilite la movilidad de los ocupantes. La incorporación del ascensor en este tipo de edificios casos ofrece una falsa solución del problema y es que, si la escalera original se mantiene, la llegada del ascensor se realiza por la meseta de la misma, lo cual hace que siga existiendo un tramo de escalera para llegar a las viviendas.

Por estas razones se decide cambiar por completo la caja de escalera, se modifica la dirección de la misma y la entrada a las viviendas. Se añade un ascensor eficiente y monofásico, que consume 500W de potencia, y se califica como eficiente porque es capaz de generar energía con el movimiento y peso de la cabina, de forma similar a una dinamo. Esta energía se almacena en unos acumuladores integrados en la cubierta del sistema.

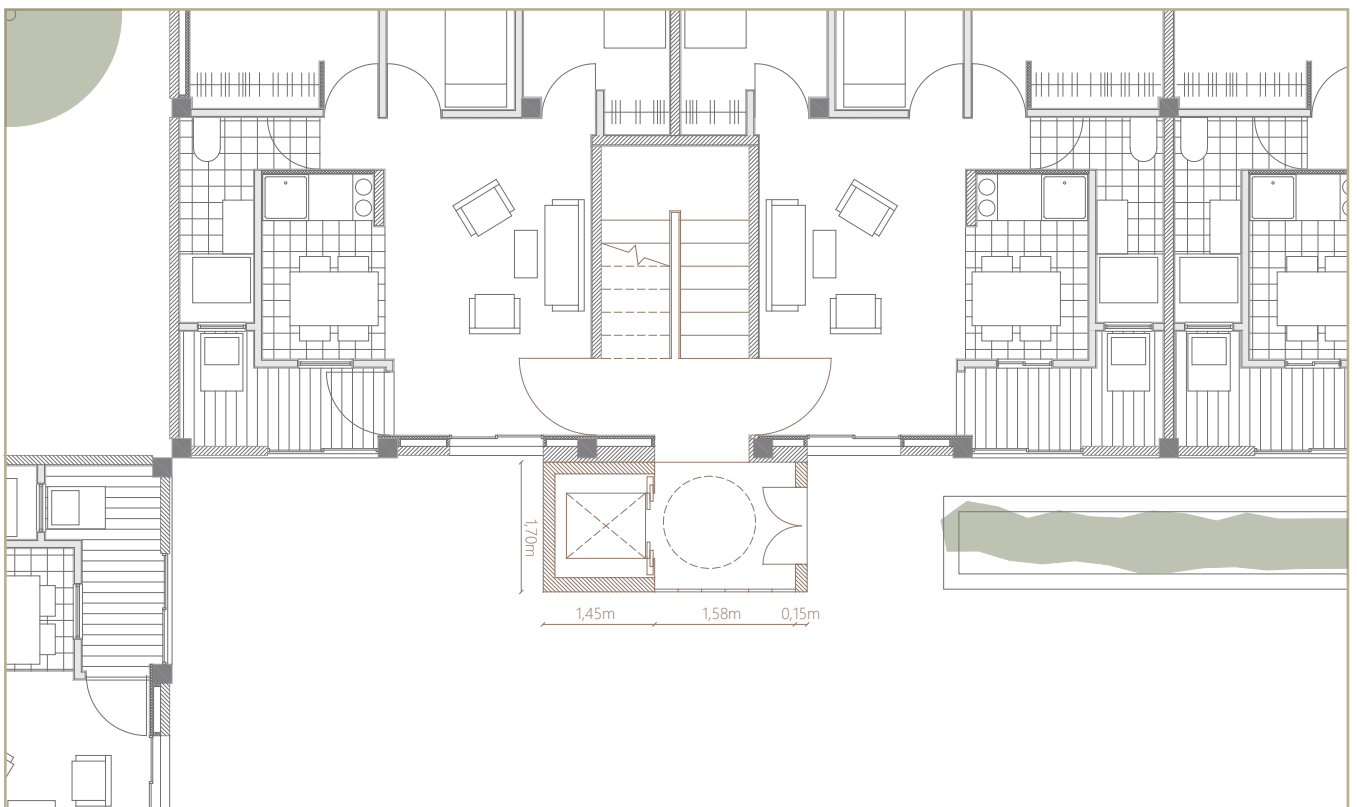
El nuevo núcleo de comunicaciones se coloca como podemos ver en la fig. 86, de forma que se ocupe el mínimo espacio urbano posible y para que no interfiera con gran impacto en las vistas desde bloque anexo y las del propio caso de estudio.

Se dispone la puerta de entrada en el lateral para generar un espacio más amplio y luminoso gracias a la implantación de un tramo de pared de policarbonato de baja conductividad térmica (fig. 87).



Escala 1:400

Fig. 86: Implantación del núcleo de comunicaciones y su relación con el entorno urbano  
Fuente: Elaboración propia.



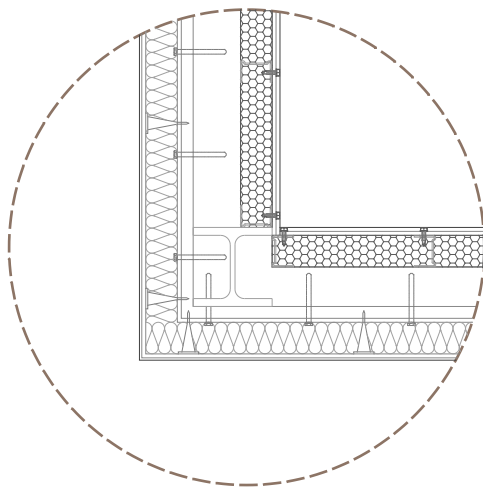
Escala 1:100

Fig. 87: Acercamiento núcleo de escaleras y ascensor.  
Fuente: Elaboración propia.



La caja de ascensor y entrada que configura el nuevo portal se dispone como una unidad estructural independiente de forma que se pueda construir con una estructura ligera y un nuevo cerramiento con mayor capacidad térmica que el actual con una solución similar a la rehabilitación tipo SATE implantada en los muros existentes (fig. 88).

La solución para mejorar la accesibilidad a las viviendas, junto con la implantación de la pérgola tiene el siguiente resultado a nivel de vista urbana (fig. 89) y de relación con el entorno (fig. 90)



Escala 1:10

Fig. 88: Detalle esquina del nuevo núcleo de escaleras  
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 89: Alzado del edificio tras la rehabilitación del núcleo de escaleras y ascensor e implantación de la pérgola.  
Fuente: Elaboración propia.



Fig. 90: Vista aérea del edificio tras la rehabilitación del núcleo de escaleras y ascensor e implantación de la pérgola.  
Fuente: Elaboración propia.

### 7.3. CALIFICACIÓN ENERGÉTICA DEL EDIFICIO REHABILITADO.

En el siguiente modelo de simulación energética denominado "Modelo Final" se esperan resultados que mejoren en grandes rasgos la eficiencia energética del edificio, con la unión de las medidas pasivas, que reducen las cargas internas de las viviendas, y las medidas activas, que reducen en consumo de energía final y la generan de fuentes renovables, además de las medidas que facilitan la autonomía de los habitantes.

Así pues, se introducirá la mejora de vidrios y carpinterías, la mejora de los cerramientos y cubierta, que conlleva la eliminación de los puentes térmicos presentes en la envolvente térmica del edificio, la implantación de la pérgola y la instalación fotovoltaica sobre ella, la mejora de la iluminación de las viviendas y zonas comunes, la instalación de aerotermia y la incorporación del ascensor y nuevo núcleo de comunicaciones.

Esto reflejará la situación ideal de la rehabilitación energética del caso de estudio y permitirá establecer conclusiones que evalúen el impacto de este tipo de actuaciones en el comportamiento energético global del edificio.

Compararemos los resultados que brinde *SG SAVE* con los del modelo de simulación en su estado actual.

En la fig. 91 podemos ver la mejora en la eficiencia energética del edificio respecto a la calificación por emisiones. Esta experimenta una reducción del valor total de casi el 100%, pasando de 33,9 a 0,1 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·año. Los valores parciales de calefacción y refrigeración también reducen su valor de forma muy significativa, mientras que los de ACS continúan igual que en el modelo inicial. Estas mejoras en las emisiones de CO<sub>2</sub> suponen un aumento en el rango de calificación a la letra "A", por lo que se considera, que la agrupación de las medidas implantadas cumple las expectativas de eficiencia energética en la calificación por emisiones.

Al igual que en la calificación por emisiones, la calificación de EPNR experimenta una gran reducción, pasando de valores totales de 147,8 kWh/m<sup>2</sup>·año a 0,1 kWh/m<sup>2</sup>·año. Se puede apreciar en la gráfica d la fig. 92 la gran reducción de los valores de calefacción y refrigeración, alcanzando ambos, junto con las totales, la calificación "A", mientras que los valores de ACS se muestran fijos.

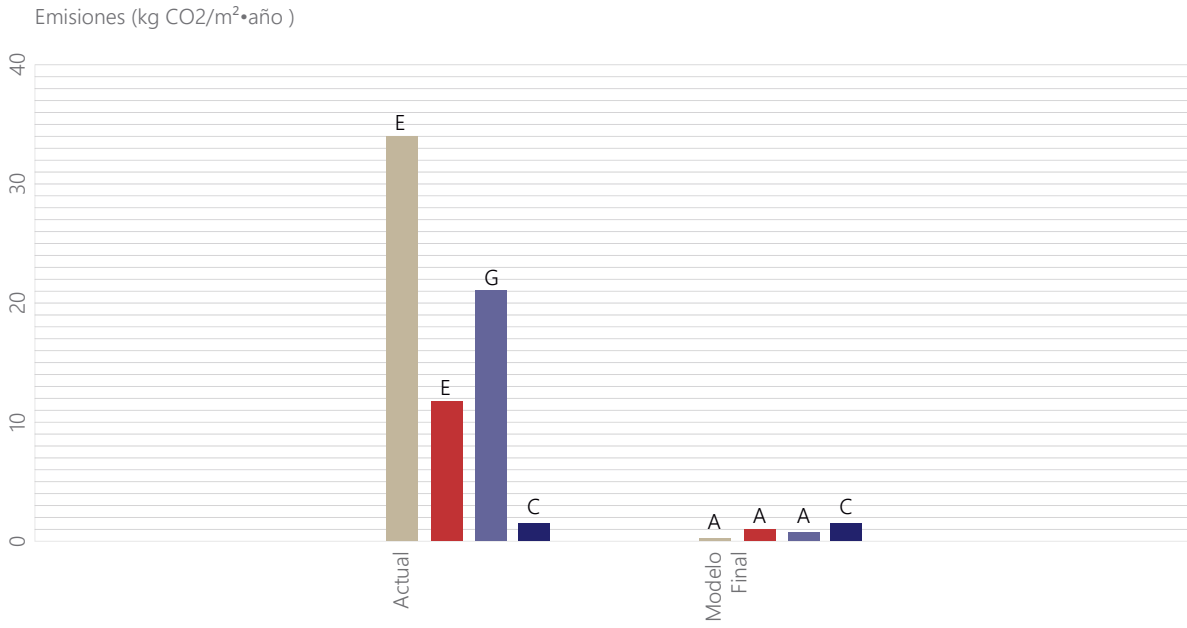


Fig. 91: Gráfica de relación entre los valores de emisiones  
Fuente: Elaboración propia.

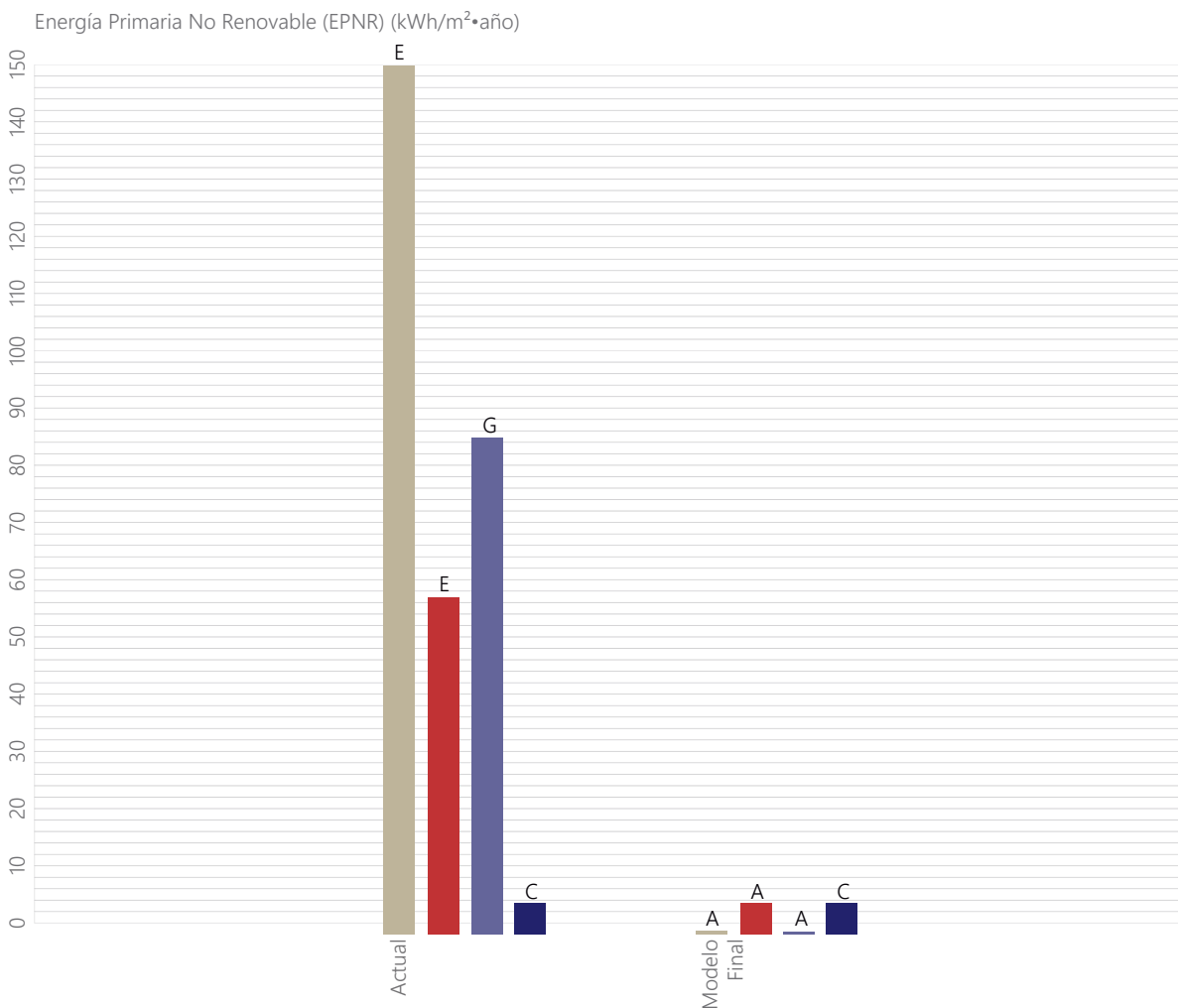


Fig. 92: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable  
Fuente: Elaboración propia.

- Valores TOTALES
- Valores CALEFACCIÓN
- Valores ACS

Con respecto al ahorro del consumo de Energía Final, tras la intervención de las diferentes soluciones en un mismo modelo, podemos ver en la fig. 93 la reducción que supone en términos de calefacción y refrigeración, presentando un ahorro del 100% y 96,5% respectivamente. El consumo de iluminación también experimenta una gran bajada del 92%, mientras que ACS se mantiene igual y el valor de equipos se aumenta en un 3%. En la tabla 17 podemos ver la mejora en términos de ahorro energético que supone la implantación de las diferentes actuaciones en un mismo modelo, configurando un consumo final anual de 107.415 kWh/m<sup>2</sup>·año, casi la mitad del valor inicial del edificio. Estas medidas suponen un ahorro de un 49,2% del consumo de energía final.

Tabla 17: Consumo de Energía Final según servicios. Modelo Final  
Fuente: Elaboración propia.

		Consumo Actual (kWh)	Consumo Actuación (kWh)	Ahorro (%)
Modelo Final	Calefacción	51.319	0	100 %
	Refrigeración	63.428	2.231	96,5 %
	Equipos	91.072	94.611	-3 %
	ACS	4.800	4.800	0 %
	Iluminación	1.192	100	92 %
	Ventiladores	0	5.167	
	Bombas	0	506	
	Consumo TOTAL	211.811	107.415	49,2 %

Consumo de Energía Final (kWh año)

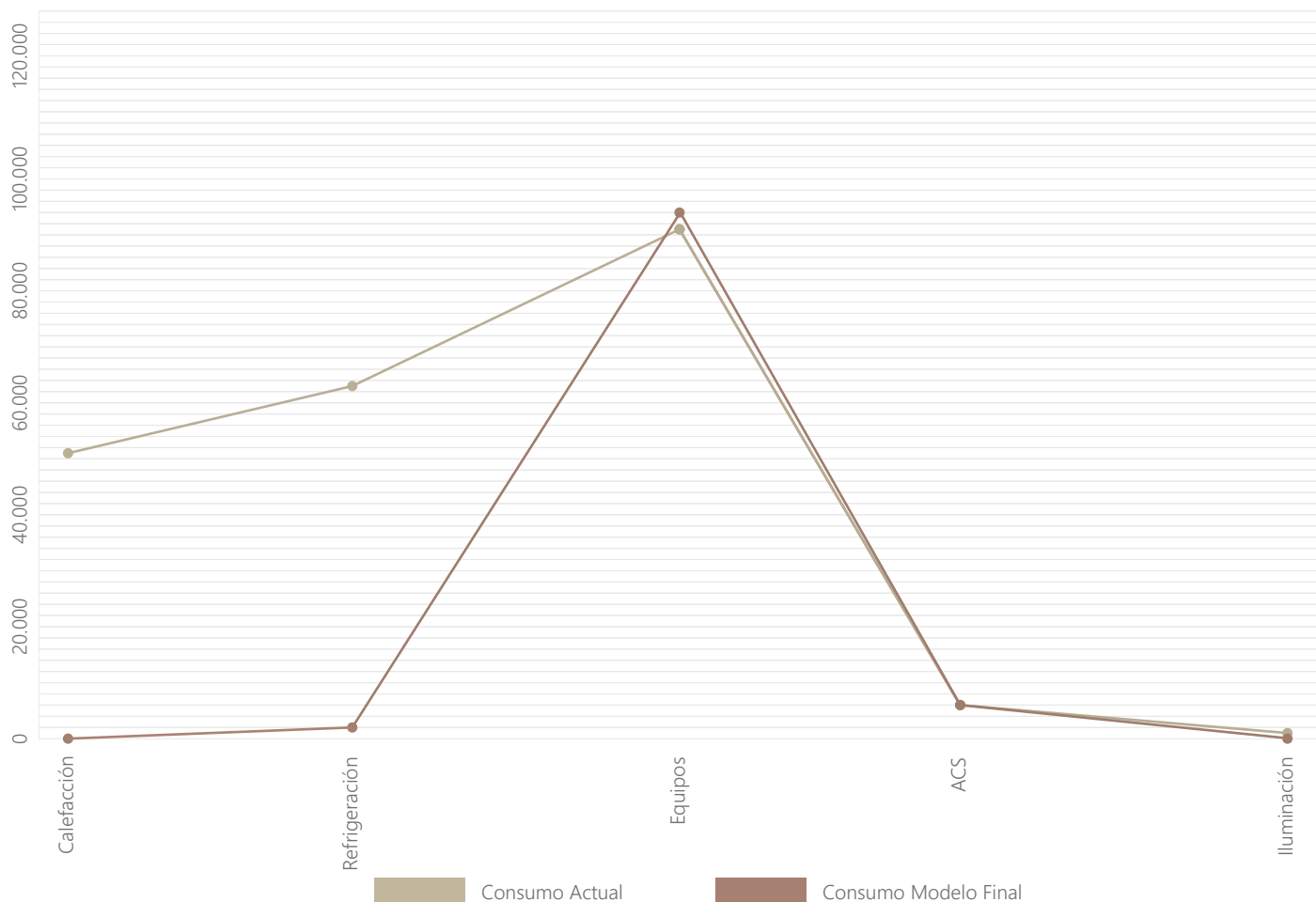
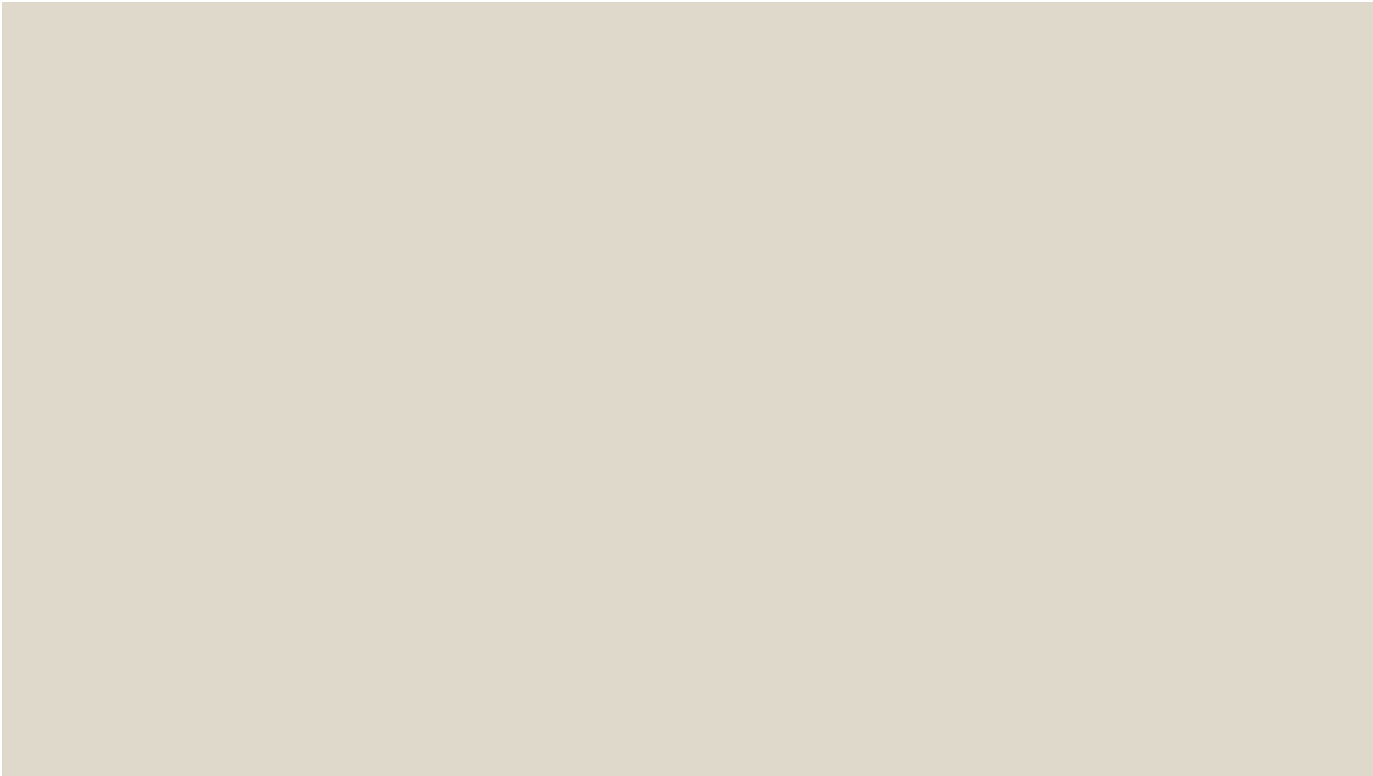


Fig. 93: Gráfica de relación entre los valores de Consumo de Energía Final  
Fuente: Elaboración propia.



# 08

## CONCLUSIONES







Tras realizar los diferentes análisis presentes en el trabajo, en los que se comprueba la efectividad de la incorporación de medidas pasivas y activas para mejorar el comportamiento energético de los edificios con más de 50 años de antigüedad, además de incorporar medidas que garanticen la autonomía de los usuarios con problemas de movilidad, se llevan a cabo las siguientes conclusiones:

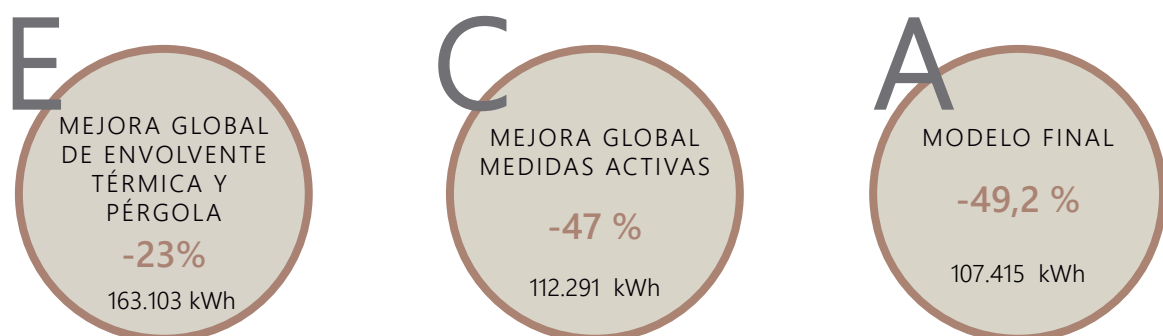
-El edificio que se expone como caso de estudio en su estado actual se encuentra muy lejos de las demandas energéticas actuales, representando un gran rango "E" en la calificación energética de las emisiones de gases de efecto invernadero y las de consumo de EPNR.

-Se fomenta la práctica de rehabilitación energética estableciendo clasificaciones de actuaciones de estrategias pasivas y activas que acometer en un edificio con las mismas características y exponer los resultados, los cuales servirán de guía para ejecutar las actuaciones con mejor rendimiento en rehabilitaciones de edificios.

-Todas las medidas acometidas en el trabajo presentan importantes reducciones en el consumo de energía final, las cuales presentan ahorros de miles de kWh al año. Entre las medidas individuales pasivas podemos destacar el ahorro en el consumo de energía final tras la mejora de la solución constructiva de la cubierta, el cual se eleva hasta un 18%. Entre las medidas individuales activas destacamos la incorporación de la instalación de aerotermia para cubrir la demanda de ACS y climatización, la cual eleva el porcentaje de ahorro en el consumo a un 33,6%.

-En cuanto a las medidas que engloban varias soluciones podemos incidir en el alto ahorro de energía que ofrecen, lo que conlleva a un alto ahorro económico de las viviendas que habitan este tipo de edificios. Vemos como las medidas pasivas generan una menor repercusión en el ahorro o la calificación energética de EPNR, en comparación con las medidas activas, sin embargo, la unión de las medidas pasivas y activas en una misma actuación hace que se alcancen ahorros de casi un 50% y lograr una calificación A. Esto es gracias a que las medidas pasivas reducen las cargas internas del edificio y las viviendas y contribuyen a la elección de una maquinaria más eficiente.

Fig. 94: Comparativa de resultados finales.  
Fuente: Elaboración propia.

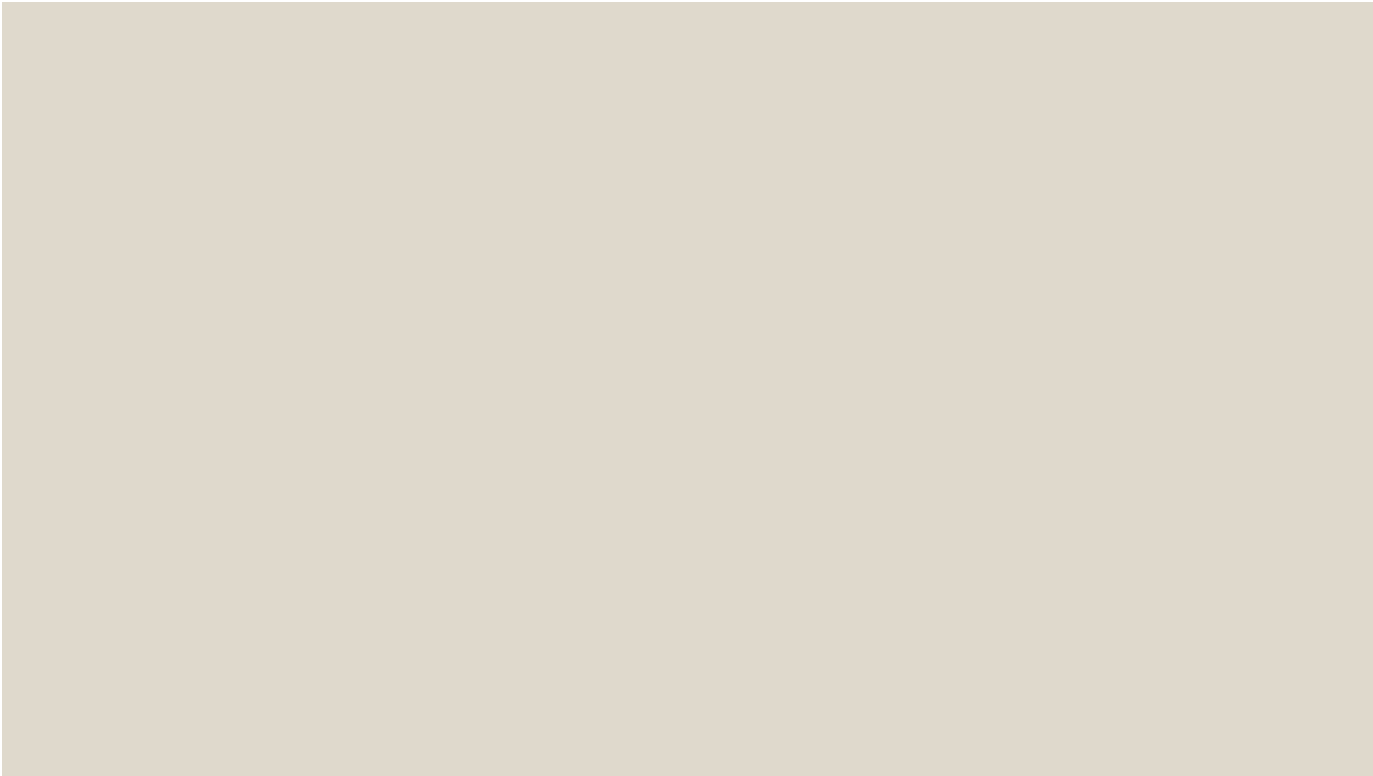


-La mejora de los núcleos de comunicaciones en este tipo de edificios, actuando sobre todo en la incorporación de ascensores y, si es necesario, en la propia escalera suponen una mejora de la calidad de vida para los usuarios con problemas de movilidad y personas mayores . Aumenta su autonomía y gracias a esta medida pueden seguir consumiendo la ciudad sin tener que permanecer en sus viviendas porque su propio edificio le brinde una incapacidad para moverse libremente.

Expandir las intervenciones de rehabilitación energética a los casi 700 edificios de la Barriada San Pablo supondría un ahorro de casi 71 mil GWh de energía final, un potencial ahorro que equivaldría aproximadamente a un 50% del consumo actual, y que supondría una pronta amortización económica de los costes de instauración de dichas medidas en los edificios. Si se traslada dicha comparativa a la ciudad de Sevilla en la que hay más de 6000 edificios en condiciones obsoletas desde el punto de vista energético, se experimentaría un ahorro de casi 650 mil GWh, lo que representaría aproximadamente un ahorro del 49% con respecto a la situación actual.

# 09

## BIBLIOGRAFÍA





(Acuerdo de París, 2015)

Acuerdo de París (2015). FCCC/CP/2015/L.9 Convención Marco sobre el Cambio Climático. Naciones Unidas. Disponible en: <https://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/spa/l09r01s.pdf>

(Barrionuevo, 2015)

Barrionuevo, A. (2015). El Gran San Pablo. El barrio como parte de la ciudad. En: Colección Investigaciones *Idpa-01, 2015*. Recuperado de: [https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/56804/2015\\_12\\_29\\_DPA01\\_articulo\\_AntonioBarrionuevoB.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://idus.us.es/bitstream/handle/11441/56804/2015_12_29_DPA01_articulo_AntonioBarrionuevoB.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

(Barrios et al, 2015)

Barrios, Á., González, E., Mariñas, J. C., Molina, M. (Ed.), (2015). *{Re}Programa: (Re) habitación+(Re) generación+(Re) programación. El reciclaje y la gestión sostenible del parque edificado andaluz. Gestión de entornos habitables desde criterios de envejecimiento activo, género y habitabilidad urbana*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla, Sevilla.

(CERMA, 2017)

Calificación Energética Residencial Método Abreviado (v4.2.5.) [Software]. (2017). Recuperado de <https://energia.gob.es/desarrollo/EficienciaEnergetica/CertificacionEnergetica/DocumentosReconocidos/Paginas/procedimientos-certificacion-proyecto-terminados.aspx>

(CE3X, 2020)

Documento Reconocido para la Certificación Energética de Edificios Existentes (CE3Xv2.3) [Software]. (2020). Recuperado de <https://www.efinova.es/CE3X>

(Comisión Europea, 2020)

Comisión Europea, (2019) Paquete de medidas sobre clima y energía hasta 2020. Estrategias y objetivos climáticos. Disponible en: [https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020\\_es#tab-0-0](https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_es#tab-0-0)

(CTE, 2006)

Código Técnico de la Edificación (CTE) Documento Básico de Ahorro de Energía (DB-HE). 2006. Modificación del CTE aprobada por RD 732/2019. Ministerio de transportes, Movilidad y Agencia Urbana. Recuperado de: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>

(DIALux)

DIALux (4.12.0.1) [Software]. (2014). Recuperado de <https://www.dialux.com/en-GB/download>

(Directiva 2010/31/UE)

Unión Europea. Directiva (UE) 2010/31/UE del parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de mayo, relativa a la eficiencia energética de los edificios. Diario Oficial de la Unión Europea L 153, de 18 de junio de 2010, pp. 13-35. Recuperado de <https://www.boe.es/doue/2010/153/L00013-00035.pdf>

(Directiva 2012/27/UE)

Unión Europea. Directiva (UE) 2012/27/UE del parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de octubre, relativa a la eficiencia energética, por la que se modifican las Directivas 2009/125/CE y 2010/30/UE, y por la que se derogan las Directivas 2004/8/CE y 2006/32/CE. Diario Oficial de la Unión Europea L 315, de 14 de noviembre de 2012, pp. 1-56. Recuperado de <https://www.boe.es/doue/2012/315/L00001-00056.pdf>

(Directiva 2018/844/UE)

Unión Europea. Directiva (UE) 2018/844 del parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo, por la que se modifican la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética. Diario Oficial de la Unión Europea L 156, de 19 de junio de 2018, pp. 75-91. Recuperado de <https://www.boe.es/doue/2018/156/L00075-00091.pdf>

(Directiva 93/76/CEE)

Unión Europea. Directiva (UE) 93/76/CEE del Consejo, de 13 de septiembre, relativa a la limitación de las emisiones de dióxido de carbono mediante la mejora de la eficacia energética (SAVE). Diario Oficial de la Unión Europea L 237, de 22 de septiembre de 1993, pp. 28-30. Recuperado de <https://www.boe.es/doue/1993/237/L00028-00030.pdf>

(DL 1/2014)

España. Decreto-ley 1/2014, de 18 de marzo, por el que regula el programa de Impulso a la Construcción Sostenible en Andalucía y se efectúa la convocatoria de incentivos para 2014 y 2015 [Internet]. Boletín Oficial del Estado, 26 de marzo de 2014, núm. 58, pp. 1 a 33. [consultado 28 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2014/BOJA-b-2014-90268-consolidado.pdf>

(Domínguez, Sendra, Fernández-Agüera y Escandón, 2017)

Domínguez, S., Sendra, J.J., Fernández-Agüera, J. y Escandón, R. (2017). La construcción de la vivienda social en Sevilla y su catalogación. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.

(Domínguez, Fernandez-Agüera, Sendra, Roaf, 2018)

Domínguez, S., Sendra, J.J., Fernández-Agüera, J. y Roaf, S. (2018). *Rethinking User Behaviour Comfort Patterns in the South of Spain-What Users Really Do*. *Sustainability*, 10 (12), 4448. doi: 10.3390/su10124448

(Domínguez, Sendra, León y Esquivias, 2012)

Domínguez, S., Sendra, J. J., León, Á. L. y Esquivias, P. M. (2012). Towards Energy Demand Reduction in Social Housing Buildings: Envelope System Optimization Strategies. *Energies*, 5(7), 2263-2287. doi: 10.3390/en5072263

(Gómez, 2015)

Gómez Muñoz, P. (2015). La ciudad contemporánea desde sus barrios (Trabajo Fin de Grado). Universidad de Sevilla. Recuperado de [https://fama.us.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991012189879704987&context=L&vid=34CBUA\\_US:VU1&lang=es&search\\_scope=all\\_data\\_not\\_idus&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=all\\_data\\_not\\_idus&query=any,contains,la%20ciudad%20contempor%C3%A1nea%20desde%20sus%20barrios](https://fama.us.es/discovery/fulldisplay?docid=alma991012189879704987&context=L&vid=34CBUA_US:VU1&lang=es&search_scope=all_data_not_idus&adaptor=Local%20Search%20Engine&tab=all_data_not_idus&query=any,contains,la%20ciudad%20contempor%C3%A1nea%20desde%20sus%20barrios)

(Guajardo, 2017)

Guajardo, A. (2017). Análisis tipológico de bloques lineales de vivienda social: España 1950-1983. El caso de Andalucía occidental. *Informes de la Construcción*, 69(545): e185. doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.16.055>

(HULC, 2020)

Herramienta unificada LIDER-CALENER (2.0.2039.1160) [Software]. (2020). Recuperado de <https://www.codigotecnico.org/index.php/menu-recursos/menu-aplicaciones/282-herramienta-unificada-lider-calener.html>

(IDAE, 2018)

Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (2018). *Balance del consumo de energía final* [Fichero de datos]. Recuperado de <http://sieeweb.idae.es/consumofinal/bal.asp?txt=2018&tipbal=t>

INE (2011)

Instituto Nacional de Estadística (1 de noviembre, 2011). *Edificios destinados a viviendas según año de construcción (agregado) por nº de inmuebles* [Fichero de datos]. Recuperado de <https://www.ine.es/jaxi/Datos.htm?path=/t20/e244/edificios/p03/I0/&file=01005.px#!tabs-tabla>

(León, Domínguez, Campano y Ramírez 2012)

León, Á. L., Domínguez, S., Campano, M. Á. y Ramírez-Balas, C. (2012). Reducing the Energy Demand of Multi-Dwelling Units in a Mediterranean Climate Using Solar Protection Elements. *Energies*, 5(9), 3398-3424. doi: 10.3390/en5093398

(LRJSP 8/2013)

España. Ley 8/2013, de 20 de junio, Régimen Jurídico del Sector Público [Internet]. Boletín Oficial del Estado, 27 de junio de 2013, núm. 153, pp. 47964 a 48023. [consultado 7 de abril de 2020]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2013/06/27/pdfs/BOE-A-2013-6938.pdf>

(Martín y Montero, 2014)

Martín, Cristina, Montero, Eduardo (2014). La Rehabilitación energética como motor de la renovación integral de barrios. *BIA*, 279, 46-55. Recuperado de <http://biadigital.aparejadoresmadrid.net/images/flex/279-2014-01de04-v10/index.php#page=46>

(Molina, 2014)

Molina Ramírez, E. (2014). Orígenes de la vivienda mínima en la modernidad (Tesis de maestría). Recuperado de: <file:///C:/Users/Andrea/Downloads/98765541.2014.pdf>

(Morales Padrón, F., & Blanco Freijeiro, A. (1992). Historia de Sevilla. Sevilla: Universidad de Sevilla, Secretariado de Publicaciones)

Morales, F. (Ed.). (1992). *Historia de Sevilla*. Sevilla, España: Universidad de Sevilla.

(Proyecto RehEnergía)

Proyecto RehEnergía: Rehabilitación energética de edificios de viviendas. Ministerio de Vivienda. Gobierno de España. <https://docplayer.es/8014801-Proyecto-rehenergia-rehabilitacion-energetica-de-edificios-de-viviendas.html>

(Proyecto re-HABITAR)

Proyecto re-HABITAR: Proyecto de actualización tecnológica del Patrimonio Contemporáneo: vivienda social del Movimiento Moderno. La construcción de la ciudad. Proyecto incentivado por la Consejería de Economía y Conocimiento. Instituto Andaluz del Patrimonio Histórico. Consejería de Cultura. Información disponible en: <http://www.iaph.es/rehabitar/el-proyecto/>



(Proyecto SECH-SPAHOUSE)

Proyecto SECH-SPAHOUSE: Análisis del consumo energético del sector residencial en España [Internet]. Secretaría General. Gobierno de España.

file:///C:/Users/Andrea/Downloads/proyeto-spahousec-analisis-de-consumos-energeticos.pdf

(RD 235/2013)

España. Real Decreto 235/2013, de 5 de abril, por el que se aprueba el procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de los edificios [Internet]. Boletín Oficial del Estado, 13 de abril de 2013, núm. 89, pp. 1 a 16. [consultado 24 de febrero de 2020].

Disponible en:

<https://www.boe.es/buscar/pdf/2013/BOE-A-2013-3904-consolidado.pdf>

(RD 314/2006)

España. Real Decreto 314/2006, de 10 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación [Internet]. Boletín Oficial del Estado, 28 de marzo de 2006, núm. 74, pp. 11816 a 11831. [consultado 5 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-5515>

(RD 1027/2007)

España. Real Decreto 1027/2007, de 20 de julio, por el que se aprueba el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios [Internet]. Boletín Oficial del Estado, 29 de agosto de 2007, núm. 207, pp. 35931 a 35984. [consultado 7 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2007-15820>

(RD 2426/1979)

España. Real Decreto 2426/1979, de 6 de julio, por el que se aprueba la norma básica de edificación NBE-CT-79, sobre condiciones térmicas en los edificios [Internet]. Boletín Oficial del Estado, 22 de octubre de 1979, núm. 253, pp. 24524 a 24550. [consultado 7 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1979-24866>

(RD 732/2019)

España. Real Decreto 732/2019, de 20 de diciembre, por el que se modifica el Código Técnico de la Edificación, aprobado por el Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. [Internet]. Boletín Oficial del Estado, 27 de diciembre de 2019, núm. 311, pp. 140488 a 140674. [consultado 7 de abril de 2020].

Disponible en:

<https://www.boe.es/eli/es/rd/2019/12/20/732/dof/spa/pdf>

(RDL 7/2015)

España. Real Decreto 7/2015, de 30 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Suelo y Rehabilitación Urbana [Internet]. Boletín Oficial del Estado, 31 de octubre de 2015, núm. 261, pp. 103232 a 103290. [consultado 20 de febrero de 2020]. Disponible en: <https://www.boe.es/boe/dias/2015/10/31/pdfs/BOE-A-2015-11723.pdf>

(Sainz, 2011)

Sainz, V. (2011, 11 de octubre). Repensar la vivienda, *Reinventar la ciudad. La transformación del barrio barcelonés de la Mina. Proyecto, Progreso, Arquitectura*. Recuperado de <https://revistascientificas.us.es/index.php/ppa/article/view/160/158>

(Sendra et al. 2011)

Sendra Salas, Juan Jose, Domínguez Amarillo, Samuel, Leon Rodriguez, Angel Luis, Navarro Casas, Jaime, Muñoz Muñoz, Manuel Salvador. (2011). PROYECTO EFFICACIA. Optimización energética en la vivienda colectiva. Secretariado de Publicaciones de la Universidad de Sevilla. 2011. 140. ISBN 978-84-472-1376-4

(SG SAVE, 2020)

Software Avanzado Verificación Energética (2.9) [Software]. (2020). Recuperado de <http://www.efinovatic.es/energyPlus/>

(Suárez y Fragoso, 2015)

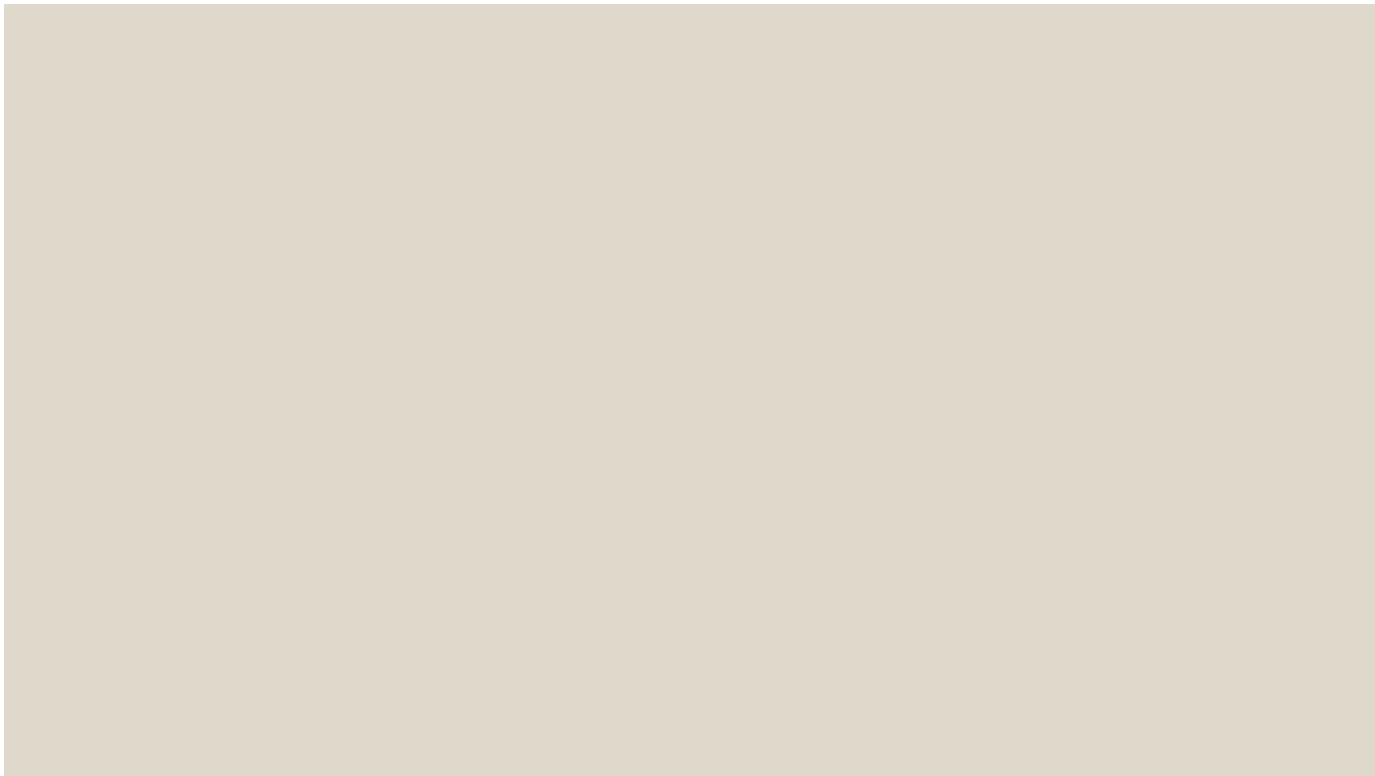
Suárez, R. y Fragoso, J. (2016). Estrategias pasivas de optimización energética de la vivienda social en clima mediterráneo. *Informes de la Construcción*, 68(541): e136, doi: <http://dx.doi.org/10.3989/ic.15.050>

(VVAA, 1961)

VVAA. (1961). Hogar y arquitectura: revista bimestral de la obra sindical del hogar. Número 37

# 10

## ÍNDICE DE FIGURAS





## Índice de Ilustraciones

Fig. 01: Porcentaje de edificios con más de 50 años de antigüedad. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 02: Porcentaje de edificios con más de 50 años y vivienda social. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 03: Porcentaje de Consumo de Energía Final de edificios con más de 50 años. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 04: Ahorros previstos en consumo de energía. Fuente: Revista BIA.

Fig. 05: Viviendas "Los 100 pisos" en Tudela, Navarra. Fuente: Revista BIA.

Fig. 06: Núcleo Residencial Coronel Ruiz de Toledo (Sevilla). Fuente: Re{Programa}

Fig. 07: El Carmen como paisaje histórico urbano de Sevilla. Fuente: Proyecto re-HABITAR

Fig. 08: Demandas energéticas del modelo bloque lineal según propuestas de rehabilitación. Fuente: Proyecto re-HABITAR

Fig. 09: Modificación del cerramiento para reducir la demanda energética. Fuente: Reducing the Energy Demand of Multi-Dwelling Units in a Mediterranean Climate Using Solar Protection Elements.

Fig. 10: Planimetría de Sevilla con localización de barrios con más de 50 años susceptibles de ser objeto de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 11: Evolución de los grupos tipológicos por décadas. Población global de edificios del periodo. Fuente: La construcción de la vivienda social en Sevilla y su catalogación.

Fig. 12: Altura de los edificios de vivienda. Fuente: La construcción de la vivienda social en Sevilla y su catalogación.

Fig. 13: Vista aérea del Polígono de San Pablo. Fuente: Gómez Muñoz, P. (2015). La ciudad contemporánea desde sus barrios (Trabajo Fin de Grado).

Fig. 14: Planimetría del Polígono de San Pablo. Ubicación y relación con el espacio urbano. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 15: Imagen del Polígono de San Pablo donde se aprecian las diferentes tipologías de edificios y su disposición. Fuente: *Google Earth*.

Fig. 16: Planimetría del Barrio B del Polígono de San Pablo. Localización del edificio caso de estudio. Fuente: elaboración propia.

Fig. 17: Imagen del edificio caso de estudio. Fuente: *Google Earth*.

Fig. 18: Imagen del acceso al edificio caso de estudio. Fuente: Gómez Muñoz, P. (2015). La ciudad contemporánea desde sus barrios (Trabajo Fin de Grado).

Fig. 19: Medidas peldaño. Fuente: Obra Sindical del Hogar y Arquitectura.

Fig. 20: Edificio caso de estudio. Fuente: *Google Earth*.

Fig. 21: Planimetría Planta Tipo Bloque caso de estudio y bloque anexo. Fuente: Elaboración propia

Fig. 22: Detalle sección muro de Cerramiento 1. Fuente: Obra Sindical de Hogar y Arquitectura.

Fig. 23: Detalle planta Muro de Cerramiento 1 y Partición 1. Fuente: Obra Sindical de Hogar y Arquitectura.

Fig. 24: Planimetría de tipología de paramentos verticales. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 25: Detalle Cubierta. Fuente: Obra Sindical de Hogar y Arquitectura.

Fig. 26: Solución constructiva de huecos de ventanas. Fuente: Obra Sindical de Hogar y Arquitectura.

Fig. 27: Tipología de huecos de ventanas. Fuente: Obra Sindical de Hogar y Arquitectura.

Fig. 28: Fachada tipo del bloque caso de estudio. Fuente: *Google Earth*.

Fig. 29: Gráficas de cargas térmicas de Refrigeración y Calefacción. Fuente: Resultados *Clima*.

Fig. 30: Diferentes etapas de construcción del modelo de Simulación Energética: a) Caracterización constructiva y puentes térmicos; b) Superficies emparejadas. Fuente: *SG SAVE*.

Fig. 31: Edificio caso de estudio con edificios colindantes. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 32: Calificación energética según HE0. Fuente: Resultados *SG SAVE*.

Fig. 33: Demanda de Calefacción y Refrigeración según exigencias del HE1. Fuente: Resultados *SG SAVE*.

Fig. 34: Gráficas del Consumo de Energía Primaria No Renovable y Emisiones de CO<sub>2</sub> según HE0. Fuente: Resultados *SG SAVE*.

Fig. 35: Horas de exposición solar en la envolvente térmica en dirección Norte. Fuente: *Skelion*.

Fig. 36: Horas de exposición solar en la envolvente térmica en dirección Sur. Fuente: *Skelion*.

Fig. 37: Localización de puntos de actuación en fachada Suroeste. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 38: Gráfica de relación entre los valores de emisiones. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 39: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 40: Localización de puntos de actuación en fachada Suroeste. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 41: Detalle Muro de Cerramiento tras la intervención. Escala 1:10. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 42: Gráfica de relación entre los valores de emisiones. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 43: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 44: Localización de puntos de actuación en fachada Suroeste. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 45: Calificación emisiones según HE0. Fuente: *Skelion*.

Fig. 46: Detalle Cubierta tras la intervención.. Escala 1:10. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 47: Gráfica de relación entre los valores de emisiones. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 48: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 49: Localización de puntos de actuación en fachada Suroeste. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 50: Gráfica de relación entre los valores de emisiones. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 51: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 52: Horas de sombra en la cubierta del edificio en los meses de Junio y Diciembre. Fuente: *Skelion*.

Fig. 53: Imagen superficie Pérgola caso de estudio. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 54: Imagen cubiertas de edificios colindantes al caso de estudio. Fuente: *Google Earth*.

Fig. 55: Gráfica de relación entre los valores de emisiones. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 56: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 57: Gráfica de relación entre los valores de Consumo de Energía Final. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 58: Gráfica evolución valores que influyen en la calificación energética Fuente: Elaboración propia.

Fig. 59: Gráfico de ahorro de cada medida pasiva en el edificio Fuente: Elaboración propia.

Fig. 60: Mejora de la iluminación. Situación previa y posterior a la intervención. Fuente: *Dialux*.

Fig. 61: Gráfica de relación entre los valores de emisiones Fuente: Elaboración propia.

Fig. 62: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable Fuente: Elaboración propia.

Fig. 63: Horas de sombra en la cubierta del edificio en los meses de Junio y Diciembre. Fuente: *Skelion*.

Fig. 64: Disposición de placas fotovoltaicas sobre la superficie de cubierta y sombras arrojadas en el mes de Diciembre. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 65: Gráficas del Consumo de Energía Primaria No Renovable y Emisiones de CO<sub>2</sub> según HE0. Fuente: Resultados *SG SAVE*.

Fig. 66: Gráfica de relación entre los valores de emisiones. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 67: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable Fuente: Elaboración propia.

Fig. 68: Disposición de placas fotovoltaicas sobre la superficie de cubierta y sombras arrojadas en los meses de Junio y Diciembre Fuente: *Skelion*.

Fig. 69: Disposición de placas fotovoltaicas sobre la superficie de la pérgola y sombras arrojadas en el mes de Diciembre Fuente: Elaboración propia.

Fig. 70: Gráficas del Consumo de Energía Primaria No Renovable y Emisiones de CO<sub>2</sub> según HE0. Fuente: Resultados *SG SAVE*.



Fig. 71: Gráfica de relación entre los valores de emisiones Fuente: Elaboración propia.

Fig. 72: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable Fuente: Elaboración propia.

Fig. 73: Gráfica de relación entre los valores de Consumo de Energía y Producción Solar: a) Junio; b) diciembre. Amarillo: energía eléctrica en kWh consumida en el edificio; azul: energía generada por la producción renovable. Fuente: *SG SAVE*.

Fig. 74: Gráfica de relación entre los valores de Consumo de Energía y Producción Solar Fuente: Elaboración propia.

Fig. 75: Resultados mensuales de los modos calor y frío. Fuente: *SG SAVE*.

Fig. 76: Resultados mensuales de ACS. Fuente: *SG SAVE*.

Fig. 77: Gráfica de relación entre los valores de emisiones Fuente: Elaboración propia.

Fig. 78: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable Fuente: Elaboración propia.

Fig. 79: Gráfica de relación entre los valores de Consumo de Energía y Producción de Aerotermia Fuente: Elaboración propia.

Fig. 80: Gráfica de relación entre los valores de emisiones Fuente: Elaboración propia.

Fig. 81: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable Fuente: Elaboración propia.

Fig. 82: Gráfica de relación entre los valores de Consumo de Energía Final Fuente: Elaboración propia.

Fig. 83: Gráfica de relación entre los valores de Consumo de Energía y Producción de Aerotermia Fuente: Elaboración propia.

Fig. 84: Gráfica evolución valores que influyen en la calificación energética Fuente: Elaboración propia.

Fig. 85: Gráfico de ahorro de cada medida pasiva en el edificio Fuente: Elaboración propia.

Fig. 86: Implantación del núcleo de comunicaciones y su relación con el entorno urbano Fuente: Elaboración propia.

Fig. 87: Acercamiento núcleo de escaleras y ascensor. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 88: Detalle esquina del nuevo núcleo de escaleras Fuente: Elaboración propia.

Fig. 89: Alzado del edificio tras la rehabilitación del núcleo de escaleras y ascensor e implantación de la pérgola. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 90: Vista aérea del edificio tras la rehabilitación del núcleo de escaleras y ascensor e implantación de la pérgola. Fuente: Elaboración propia.

Fig. 91: Gráfica de relación entre los valores de emisiones Fuente: Elaboración propia.

Fig. 92: Gráfica de relación entre los valores de Energía Primaria No Renovable Fuente: Elaboración propia.

Fig. 93: Gráfica de relación entre los valores de Consumo de Energía Final Fuente: Elaboración propia.

Fig. 94: Comparativa de resultados finales. Fuente: Elaboración propia.

## Índice de Tablas

Tabla 01: Características de los barrios obreros sevillanos. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 02: Características materiales de las soluciones constructivas del edificio en su estado actual. Cerramiento 1. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 03: Características materiales de las soluciones constructivas del edificio en su estado actual. Medianera 1. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 04: Características materiales de las soluciones constructivas del edificio en su estado actual. Medianera 2. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 05: Características materiales de las soluciones constructivas del edificio en su estado actual. Medianera 3. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 06: Características materiales de las soluciones constructivas del edificio en su estado actual. Cubierta. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 07: Consumo de Energía Final según servicios. Mejora de Vidrios y Carpinterías. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 08: Consumo de Energía Final según servicios. Mejora de Cerramientos. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 09: Consumo de Energía Final según servicios. Mejora de Cubierta. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 10: Consumo de Energía Final según servicios. Mejora global de la envolvente térmica. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 11: Consumo de Energía Final según servicios. Mejora global de la envolvente térmica y pérgola. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12: Consumo de Energía Final según servicios. Mejora de Iluminación. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 13: Consumo de Energía Final según servicios. Producción fotovoltaica en Cubierta. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 14: Consumo de Energía Final según servicios. Producción fotovoltaica en Pérgola. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Consumo de Energía Final según servicios. Producción Aerotermia. Fuente: Elaboración propia.

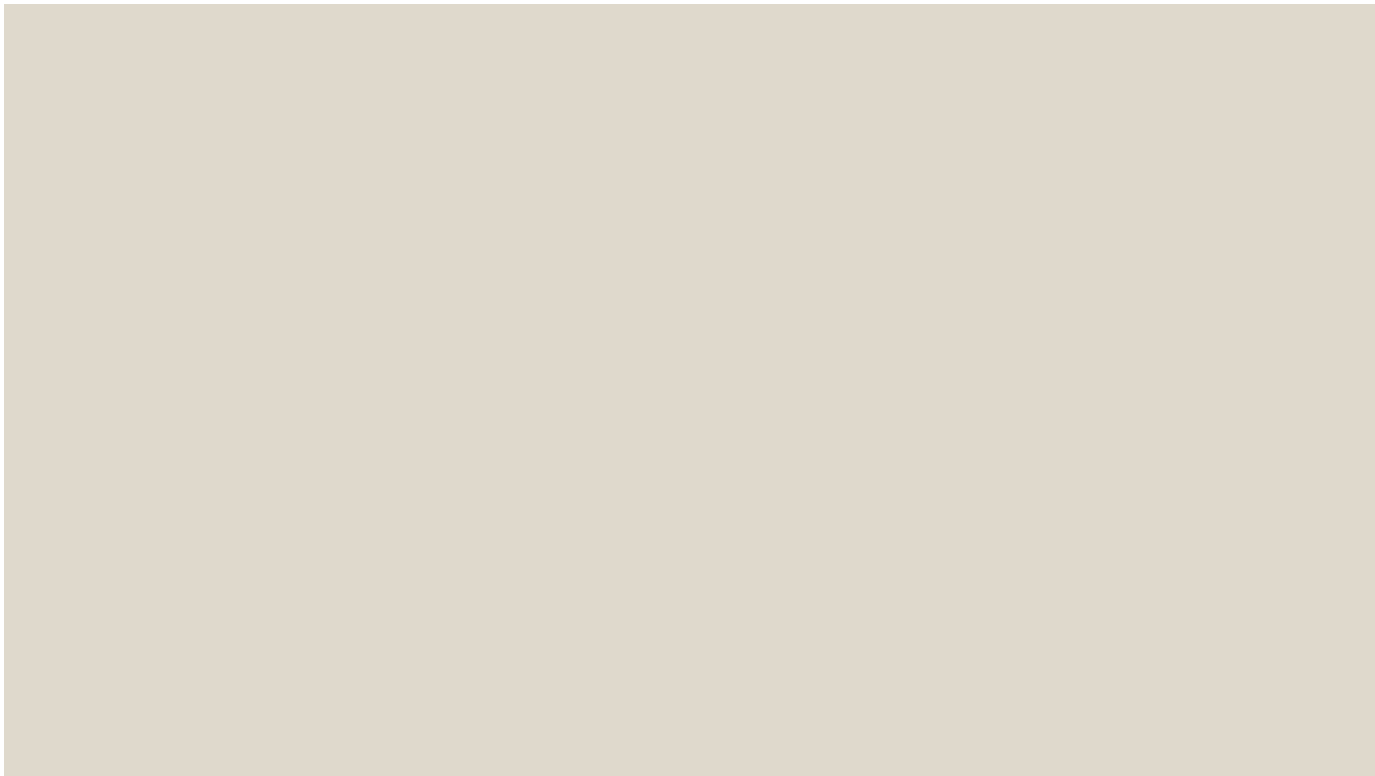
Tabla 16: Consumo de Energía Final según servicios. Mejora global de medidas Activas. Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Consumo de Energía Final según servicios. Modelo Final. Fuente: Elaboración propia.



# 11

ANEJOS





Para realizar un trabajo más efectivo, los resultados de las encuestas realizadas a los usuarios de las viviendas del bloque caso de estudio se ponen en común para averiguar el comportamiento global del edificio.

Así pues, llegamos a obtener los resultados que se muestran a continuación y que servirán de inicio y de apoyo para realizar el trabajo.

DATOS UNIDAD FAMILIAR · PERFIL DE USO

Rellene la siguiente tabla enumerando los usuarios de la vivienda de la A a la Z.

Habitantes	Sexo	Edad	Alquiler o propietario	Planta	Renta

Marque con una "X" la casilla que se aplique a su situación.

Ocupación Media Diaria por usuario (horas al día)

Habitantes		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	L-V	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	S-D	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	L-V																								
	S-D																								
	L-V																								
	S-D																								
	L-V																								
	S-D																								
	L-V																								
	S-D																								
	L-V																								
	S-D																								

INFORMACIÓN SOBRE APARATOS DE LA VIVIENDA

Marque con una "X" la casilla que se aplique a su situación.

¿Qué equipo es la fuente principal de Calefacción en su vivienda?

¿Qué equipo es la fuente principal de Refrigeración en su vivienda?

<input type="checkbox"/>	Radiador de agua
<input checked="" type="checkbox"/>	Radiador eléctrico (brasero)
<input type="checkbox"/>	Calentador de butano o propano
<input type="checkbox"/>	Aire Acondicionado (modo calor)
<input type="checkbox"/>	No aplica
<input type="checkbox"/>	Otros:

<input checked="" type="checkbox"/>	Ventilador de mesa
<input type="checkbox"/>	Ventilador de techo
<input type="checkbox"/>	Climatizador portátil
<input checked="" type="checkbox"/>	Aire Acondicionado (modo frío)
<input type="checkbox"/>	No aplica
<input type="checkbox"/>	Otros:

Horas de uso de Calefacción en la vivienda

Modelo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	L-V								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	S-D								X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
	L-V																								
	S-D																								
	L-V																								
	S-D																								



Horas de uso de Refrigeración en la vivienda

Modelo		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	L-V																								
	S-D																								
	L-V																								
	S-D																								
	L-V																								
	S-D																								

¿En qué estancias mantuvo encendidas la Calefacción o Refrigeración? Escriba las estancias.

CALEFACCIÓN	REFRIGERACIÓN
SALÓN	SALÓN
	DORMITORIOS

Equipos de los que dispone la vivienda y perfil de uso.

Equipo	S/N		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
TV	L-V																									
	S-D																									
PC	L-V																									
	S-D																									
Cocina	L-V																									
	S-D																									
Horno	L-V																									
	S-D																									
Microondas	L-V																									
	S-D																									
Plancha	L-V																									
	S-D																									
Cafetera	L-V																									
	S-D																									

Equipo	S/N	Nº de veces usados a la semana
Lavadora		2
Secadora		
Lavavajillas		

Termo		
Eléctrico	Gas Natural	Butano

Habitantes	Nº de duchas / baños a la semana
	7

C U R S O F O R M A T O

En invierno, ¿siente los muros exteriores, marcos de ventanas y vidrios fríos?

SI	NO
----	----

En verano, ¿siente los muros exteriores, marcos de ventanas y vidrios calientes?

SI	NO
----	----

**CALEFACCIÓN**

En los meses de Invierno (Noviembre, Diciembre, Enero y Febrero), ¿siente frío en su vivienda?

SI	NO
----	----

Patrón de actuación frente al frío en la vivienda. Ordena las respuestas rodeando una casilla por fila:

Me puse ropa abrigada	1°	2°	3°	4°	5°	6°	NS/NC
Encendí la calefacción	1°	2°	3°	4°	5°	6°	NS/NC
Encendí un calefactor auxiliar	1°	2°	3°	4°	5°	6°	NS/NC
Cerré todas las puertas y ventanas	1°	2°	3°	4°	5°	6°	NS/NC
No hice nada							
Otros:							

¿A qué temperatura fija la calefacción? Seleccione con una "X" la respuesta correcta.

	Menos de 20°C
	Entre 21 y 25°C
	Más de 25°C
	No aplica

**REFRIGERACIÓN**

En los meses de Verano (Junio, Julio, Agosto y Septiembre), ¿siente calor en su vivienda?

--

Patrón de actuación frente al calor en la vivienda. Ordena las respuestas rodeando una casilla por fila:

Me puse ropa fresca	1°	2°	3°	4°	5°	6°	NS/NC
Encendí un ventilador	1°	2°	3°	4°	5°	6°	NS/NC
Encendí la refrigeración de la vivienda	1°	2°	3°	4°	5°	6°	NS/NC
Abrí todas las puertas y ventanas	1°	2°	3°	4°	5°	6°	NS/NC
No hice nada							
Otros:							

¿A qué temperatura fija la calefacción? Seleccione con una "X" la respuesta correcta.

	Menos de 20°C
	Entre 21 y 25°C
	Más de 25°C
	No aplica

**C O N S U M O**

Escriba la respuesta a las siguientes preguntas:

¿Cuánto gasta aproximadamente al mes en la factura de la Luz? 35 - 40€

¿Considera que se trata de un gasto elevado en relación a su consumo? SI

¿Cuánto gasta aproximadamente al mes en la factura del Agua? 15 - 20€

¿Considera que se trata de un gasto elevado en relación a su consumo? SI

¿Cuánto gasta aproximadamente al mes en la factura del Gas? 20€

¿Considera que se trata de un gasto elevado en relación a su consumo? NO

**V E N T I L A C I Ó N**

Rodee con un círculo la respuesta correcta.

¿Conocía usted algo sobre las emisiones de CO<sub>2</sub>?  SI  NO

Ventila su vivienda en invierno  SI  NO

¿Cuántas veces al día?	<input checked="" type="checkbox"/> 1 vez	<input type="checkbox"/> 2 veces	<input type="checkbox"/> 3 veces	<input type="checkbox"/> Más de 3 veces
¿Cuándo?	<input checked="" type="checkbox"/> Mañana	<input type="checkbox"/> Mediodía	<input type="checkbox"/> Tarde	<input type="checkbox"/> Noche
¿Durante cuánto tiempo?	<input type="checkbox"/> 5 minutos	<input checked="" type="checkbox"/> 10 minutos	<input type="checkbox"/> 20 minutos	<input type="checkbox"/> 30 minutos o más

Ventila su vivienda en verano  SI  NO

¿Cuántas veces al día?	<input checked="" type="checkbox"/> 1 vez	<input type="checkbox"/> 2 veces	<input type="checkbox"/> 3 veces	<input type="checkbox"/> Más de 3 veces
¿Cuándo?	<input checked="" type="checkbox"/> Mañana	<input type="checkbox"/> Mediodía	<input type="checkbox"/> Tarde	<input type="checkbox"/> Noche
¿Durante cuánto tiempo?	<input type="checkbox"/> 5 minutos	<input type="checkbox"/> 10 minutos	<input checked="" type="checkbox"/> 20 minutos	<input type="checkbox"/> 30 minutos o más

**A C C E S I B I L I D A D**

Mayor relevancia frente a personas mayores. Rodee con un círculo la respuesta correcta (SI o NO).

¿Considera que la distribución de su vivienda limita su movilidad?  SI  NO

¿Cuántas veces sale de su vivienda al día?  1  >1

¿Influye la carencia de ascensor en la respuesta anterior?  SI  NO

¿Requiere usted del uso de algún tipo de soporte y/o dispositivo para desplazarse (bastón, andador o similar)?  SI  NO

¿Cree que las dimensiones de las zonas comunes limita su movilidad?  SI  NO

La rehabilitación energética propone consumir energías renovables así como diversas actuaciones para mejorar la eficiencia, disminuir el consumo y las emisiones de CO<sub>2</sub> y aumentar el valor y la habitabilidad de su vivienda.

¿Consideraría alguna aportación económica por su parte en caso de que se realice una rehabilitación energética? NO

Gracias por su colaboración

